



TUGAS AKHIR - RC14-1501

**PERENCANAAN PENGAMAN PANTAI
DI DESA TANJUNG ARU, KECAMATAN
SEBATIK TIMUR, NUNUKAN,
KALIMANTAN UTARA**

ARUM ALAMRATRI
NRP 3113 100 133

Dosen Pembimbing
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc

JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



TUGAS AKHIR - RC14-1501

**PERENCANAAN PENGAMAN PANTAI
DI DESA TANJUNG ARU, KECAMATAN
SEBATIK TIMUR, NUNUKAN,
KALIMANTAN UTARA**

ARUM ALAMRATRI
NRP 3113 100 133

Dosen Pembimbing
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc

JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



FINAL PROJECT - RC14-1501

**SHORE PROTECTION STRUCTURE
DESIGN AT TANJJUNG ARU VILLAGE,
SEBATIK TIMUR, NUNUKAN,
NORTH KALIMANTAN**

ARUM ALAMRATRI
NRP 3113 100 133

Academic Supervisor
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

**PERENCANAAN PENGAMAN PANTAI DI DESA
TANJUNG ARU, KECAMATAN SEBATIK TIMUR,
NUNUKAN, KALIMANTAN UTARA**

TUGAS AKHIR

**Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Hidroteknik
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh:

ARUM ALAMRATRI

NRP. 3113 100 133

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

Ir. Bambang Sarwono, M. Sc



SURABAYA

APRIL, 2017

**PERENCANAAN PENGAMAN PANTAI DI DESA
TANJUNG ARU, KECAMATAN SEBATIK TIMUR,
NUNUKAN, KALIMANTAN UTARA**

Nama Mahasiswa : Arum Alamratri
NRP : 3113 100 133
Jurusan : Teknik Sipil FTSP-ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Bambang Sarwono, M.Sc

ABSTRAK

Pantai yang terletak di Desa Tanjung Aru, Kecamatan Sebatik Timur, Kabupaten Nunukan, Provinsi Kalimantan Utara ini memiliki gelombang yang cukup tinggi sehingga pantai pada daerah tersebut mengalami kemunduran garis pantai atau yang biasa disebut sebagai erosi pantai. Erosi pantai menyebabkan kerugian yang besar dengan rusaknya fasilitas dan pemukiman penduduk yang ada pada daerah tersebut.

Pengumpulan data dilakukan untuk merencanakan bangunan pengaman pantai. Dari analisis data pasang surut akan didapat elevasi muka air laut yang digunakan untuk menentukan elevasi mercu bangunan pengaman pantai. Dari pengolahan data angin akan diperoleh peramalan gelombang berupa tinggi, periode, dan arah gelombang. Dari hasil analisis data yang telah dilakukan maka dapat dipilih bangunan pengaman pantai dengan mempertimbangkan beberapa aspek, yaitu morfologi pantai, keuntungan dan kerugian masing-masing bangunan pengaman pantai, serta kondisi lingkungan yang ada

pada daerah rencana. Bangunan pengaman pantai sendiri terdiri dari breakwater, groin, dan revetment.

Berdasarkan hasil perhitungan dan dengan mempertimbangkan berbagai aspek, maka dipilih bangunan pengaman pantai dengan tipe detached breakwater. Detached breakwater adalah bangunan yang dibangun sejajar garis pantai dan berada dekat dengan surf zone. Material yang digunakan adalah batu pecah dan dolos dan memiliki kemiringan 1:2. Detached breakwater tersebut memiliki beberapa lapisan, yaitu primary layer, secondary layer, dan core layer.

Kata kunci : Pantai di Desa Tanung Aru, erosi, pasang surut, gelombang, detached breakwater, dolos

SHORE PROTECTION STRUCTURE DESIGN AT TANJUNG ARU VILLAGE, SEBATIK TIMUR, NUNUKAN, NORTH KALIMANTAN

Nama Mahasiswa : Arum Alamratri
NRP : 3113 100 133
Jurusan : Teknik Sipil FTSP-ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Bambang Sarwono, M.Sc

ABSTRACT

Coast that located in Tanjung Aru Town, Sebatik Timur, Nunukan, North Kalimantan Province, has a high wave so that the coast damaged a shoreline setback or commonly called as erosion. Erosion is the cause of a great loss with damaging facilities and settlements.

Collecting data is needed to design shore protection structure. From analysis tidal data is obtained the sea levels which will be used in determaning the level of mercu structure. From analysis wind data will be obtained the height, period, and the directin of waves. From that analysis, the struture could be selected with considering some aspects such as coastal morphology, advantages and disadvantages at each structure, and environmental conditions. Shore protectioan structure consists of breakwater, groin, and revetment.

Based on the result of the analysis and considarating some aspects, the shore protection structure that choosen is breakwater with detached breakwater type. Detached breakwater is a coast-

parallel structure located inside or close to the surf-zone. The material in that structure is using gravel and dolos and has a 1:2 slope. Detached breakwater have some layers, such as primary layer, secondary layer, and core layer.

Key words: Coast at Tanjung Aru, erosion, tidal, waves, detached breakater,

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT karena berkat rahmat, taufiq dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Perencanaan Pengaman Pantai di Desa Tanjung Aru, Kecamatan Sebatik Timur, Nunukan, Kalimantan Utara” ini tepat pada waktunya.

Ada pun dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini penulis memperoleh bantuan dan bimbingan serta banyak dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. Bambang Sarwono, M.Sc selaku dosen pembimbing atas bimbingan dan ilmu yang banyak dalam pengerjaan dan penyelesaian Tugas Akhir ini.
2. Orang tua Penulis, Bapak Sri Suyanto dan Ibu Dilla Smirna atas motivasi, dukungan dan doa.
3. Segenap dosen jurusan Teknik Sipil ITS yang telah memberi ilmu dan masukan selama masa perkuliahan.
4. Deanty, Febrijayanto, Firsty, Istiqomah, Tika, dan Yudha yang telah memberi bantuan, dukungan, dan semangat dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
5. Teman-teman jurusan teknik sipil ITS angkatan 2013 yang telah memberi dukungan dan semangat dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Walaupun jauh dari sempurna harapan saya semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat dan menambah wawasan bagi rekan-rekan sedisiplin ilmu. Penulis juga memohon maaf atas kekurangan yang ada pada laporan ini.

Surabaya, April 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
ABSTRAK.....	vii
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL.....	xxi
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Maksud dan Tujuan	2
1.5 Lokasi Perencanaan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Definisi Pantai	5
2.2 Teori Gelombang <i>Airy</i>	5
2.3 Pendangkalan Gelombang (<i>Wave Shoaling</i>).....	7
2.4 Refraksi Gelombang	8
2.5 Difraksi Gelombang	10
2.6 Refleksi Gelombang	11
2.7 Gelombang Pecah	12
2.8 Gelombang Representatif	15
2.9 Pembangkitan Gelombang.....	15
2.9.1 Angin.....	15
2.9.2 <i>Fetch</i>	17
2.10 Fluktuasi Muka Air Laut	19
2.10.1 Elevasi Muka Air Rencana	19
2.10.2 Kenaikan Muka Air Karena Gelombang (<i>Wave Set-Up</i>)	19

2.10.3	Kenaikan Muka Air Karena Pemanasan Global	21
2.10.4	Pasang Surut	22
2.10.4.1	Beberapa Tipe Pasang Surut.....	22
2.10.4.2	Beberapa Definisi Elevasi Muka Air	23
2.11	Statistik dan Peramalan Gelombang	24
2.11.1	Statistik Gelombang	24
2.11.2	Peramalan Gelombang di Laut Dalam	25
2.11.3	Interval Keyakinan	27
2.12	Peta Bathimetri	29
2.13	Pemilhan Tipe Bangunan Pengaman Pantai.....	30
2.13.1	<i>Revetment</i> / Dinding Pantai	30
2.13.2	<i>Groin</i>	30
2.13.3	<i>Breakwater</i> / Pemecah gelombang.....	31
2.13.3.1	Struktur Bangunan Sisi Miring.....	32
2.13.3.2	Stabilitas Unit Lapis Pelindung Formula <i>Hudson</i> dan Formula <i>Van Der Meer</i>	33
2.13.3.3	Dimensi Pemecah Gelombang Sisi Miring	36
BAB III METODOLOGI		41
3.1	Persiapan	41
3.2	Identifikasi Masalah	41
3.3	Pengumpulan Data.....	41
3.4	Analisis Data	42
3.5	Perencanaan Tipe Bangunan.....	43
3.6	<i>Flowchart</i>	44
BAB IV ANALISIS DATA		45
4.1	Umum.....	45
4.2	Peta Bathimetri dan Topografi.....	45
4.3	Analisis Data Pasang Surut.....	47
4.4	Data Angin	50
4.5	Analisis Gelombang	52
4.5.1	Panjang <i>Fetch</i>	52

4.5.2	Tinggi dan Periode Gelombang pada Laut Dalam Berdasarkan Data Kecepatan dan Arah Angin Maksimum Tahun 2007-2015.....	57
4.5.3	Perkiraan Gelombang dengan Periode Ulang	68
4.5.4	Tinggi Gelombang di Laut Dangkal Berdasarkan Periode Ulang 50 Tahun	74
4.5.5	Gelombang Pecah.....	78
4.6	Morfologi Pantai.....	83
BAB V PEMILIHAN JENIS DAN PERENCANAAN <i>LAYOUT</i> BANGUNAN PENGAMAN PANTAI.....		87
5.1	Umum.....	87
5.2	Pemilihan Jenis Bangunan Pengaman Pantai.....	87
5.2.1	<i>Groin</i>	87
5.2.2	Pemecah Gelombang Lepas Pantai (<i>Detached Breakwater</i>)	91
5.2.2.1	Penentuan Letak <i>Breakwater</i>	92
5.2.2.2	Penentuan Panjang <i>Breakwater</i>	92
5.2.2.3	Penentuan Jarak Antar <i>Breakwater</i>	93
5.2.3	<i>Revetment</i>	96
5.3	Alternatif Bangunan Pengaman Pantai Terpilih.....	99
BAB VI PERHITUNGAN STRUKTUR PEMACAH GELOMBANG.....		103
6.1	Umum.....	103
6.2	Umur Rencana	103
6.3	Elevasi Muka Air Rencana	104
6.4	Stabilitas Berat Butir Lapis Lindung	106
6.4.1	Rumus Hudson	106
6.4.1.1	Berat Butir Lapis Lindung Batu Pecah	106
6.4.1.2	Berat Butir Lapis Lindung Dolos	107
6.5	Perhitungan Dimensi Struktur <i>Breakwater</i>	110
6.5.1	Elevasi Mercu <i>Breakwater</i> Batu Pecah.....	110

6.5.2	Perhitungan Lapis Lindung Batu Pecah.....	111
6.5.2.1	Lapis Lindung Pertama (<i>Primary Layer</i>). 111	
6.5.2.2	Lapis Lindung Kedua (<i>Secondary Layer</i>) 113	
6.5.2.3	Lapis Lindung Ketiga (<i>Core Layer</i>) 114	
6.5.2.4	<i>Toe Berm</i> 114	
6.5.3	Elevasi Mercu <i>Breakwater</i> Dolos 116	
6.5.4	Perhitungan Lapis Lindung Dolos 117	
6.5.4.1	Lapis Lindung Pertama (<i>Primary Layer</i>). 117	
6.5.4.2	Lapis Lindung Kedua (<i>Secondary Layer</i>) 118	
6.5.4.3	Lapis Lindung Ketiga (<i>Core Layer</i>) 120	
6.5.2.5	<i>Toe Berm</i> 120	
BAB VII KESIMPULAN		123
DAFTAR PUSTAKA		125
LAMPIRAN.....		127

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Pulau Kalimantan.....	3
Gambar 1. 2	Desa Tanjung Aru, Kalimantan Utara	4
Gambar 2.1	Sketsa Definisi Gelombang.....	6
Gambar 2.2	Refraksi Gelombang	8
Gambar 2.3	Refraksi Gelombang pada kontur Lurus dan Sejajar	9
Gambar 2.4	Difraksi Gelombang di Belakang Rintangan	10
Gambar 2.5	<i>Standing Wave</i>	12
Gambar 2.6	Penentuan Tinggi Gelombang Pecah	14
Gambar 2.7	Penentuan Kedalaman Gelombang Pecah	14
Gambar 2.8	Hubungan Kecepatan Angin di Laut dan Darat.	16
Gambar 2.9	<i>Fetch</i>	18
Gambar 2.10	Elevasi Muka Air Laut Rencana tanpa Tsunami	19
Gambar 2.11	<i>Wave set-up</i> dan <i>set-down</i>	20
Gambar 2.12	Perkiraan Kenaikan Muka Air Laut Karena Pemnasan Global	22
Gambar 2.13	Gelombang di Suatu Tempat.....	24
Gambar 2.14	Tipe <i>Groin</i>	31
Gambar 2.15	Tampang Pemecah Gelombang Tumpukan Batu	32
Gambar 2.16	<i>Runup</i> Gelombang	36
Gambar 2.17	<i>Runup</i> dan <i>Rundown</i> meupakan Hasil Percobaan Irrebaren.....	37
Gambar 3.1	<i>Flowchart</i> Perencanaan Pengaman Pantai.....	44
Gambar 4.1	Peta Bathimetri dan Topografi.....	46
Gambar 4.2	Peta Bathimetri	47
Gambar 4.3	Grafik Pasang Surut Pantai di Desa Tanjung Aru, Nunukan, Kalimantan Utara.....	48

Gambar 4.4	<i>Windrose</i> Pantai di Desa Tanjung Aru, Nunukan Kalimantan Utara Tahun 2006-2015 Sumber BMKG dan PT Gracia Widyakarsa.....	51
Gambar 4.5	<i>Windrose</i> Pantai di Desa Tanjung Aru, Nunukan Kalimantan Utara Tahun 2016 Sumber www.ogimet.com	52
Gambar 4.6	<i>Fetch</i> Efektif Arah Utara.....	53
Gambar 4.7	<i>Fetch</i> Efektif Arah Timur Laut	53
Gambar 4.8	<i>Fetch</i> Efektif Arah Timur	54
Gambar 4.9	<i>Fetch</i> Efektif Arah Tenggara	54
Gambar 4.10	<i>Fetch</i> Efektif Arah Selatan.....	55
Gambar 4.11	<i>Fetch</i> Efektif Arah Barat Laut.....	55
Gambar 4.12	Diagram Alir Proses <i>Hindcasting</i>	57
Gambar 4. 13	<i>Waverose</i> Pantai di Desa Tanjung Aru, Nunukan Kalimantan Utara Tahun 2006-2015	69
Gambar 4.14	Grafik Tinggi Gelombang Metode Fisser Tippet <i>type</i> 1 dan Weibull	73
Gambar 4.15	Grafik Hubungan Tinggi dan Periode Gelombang	74
Gambar 4.16	Distribusi Tinggi Gelombang Arah Utara	75
Gambar 4.17	Distribusi Tinggi Gelombang Arah Timur Laut	76
Gambar 4.18	Distribusi Tinggi Gelombang Arah Timur	76
Gambar 4.19	Distribusi Tinggi Gelombang Arah Tenggara ...	77
Gambar 4.20	Distribusi Tinggi Gelombang Arah Selatan	77
Gambar 4.21	Distribusi Tinggi Gelombang Arah Barat Laut	78
Gambar 4.22	Grafik Penentuan Gelombang Pecah.....	83
Gambar 4.23	Perubahan Garis Pantai Selama Satu Tahun tanpa Menggunakan Bangunan Pengaman Pantai	84
Gambar 4.24	Grafik Perubahan Garis Pantai	85
Gambar 5.1	<i>Layout</i> Pemasang <i>Groin</i>	89

Gambar 5.2	Perubahan Garis Pantai Selama Satu Tahun dengan Menggunakan <i>Groin</i>	90
Gambar 5.3	Grafik Perubahan Garis Pantai dengan Menggunakan <i>Groin</i>	91
Gambar 5.4	<i>Detached Breakwater</i>	92
Gambar 5.5	<i>Layout</i> Penempatan <i>Breakwater</i>	93
Gambar 5.6	<i>Layout</i> Pemasangan <i>Detached Breakwater</i>	94
Gambar 5.7	Perubahan Garis Pantai Selama Satu Tahun dengan Menggunakan <i>Detached Breakwater</i>	95
Gambar 5.8	Grafik Perubahan Garis Pantai dengan Menggunakan <i>Detached Breakwater</i>	96
Gambar 5.9	<i>Layout</i> Pemasang <i>Revetment</i>	97
Gambar 5.10	Perubahan Garis Pantai Selama Satu Tahun dengan Menggunakan <i>Revetment</i>	98
Gambar 5.11	Grafik Perubahan Garis Pantai dengan Menggunakan <i>Revetment</i>	99
Gambar 6.1	<i>Layout Detached Breakwater</i>	104
Gambar 6.2	Grafik Perkiraan Kenaikan Muka Air Laut	105
Gambar 6.3	Grafik Hubungan Antara Berat Butir dan Tinggi Gelombang Menggunakan Rumus Hudson	107
Gambar 6.4	Grafik Penentuan Nilai R_u/H untuk Material Batu Pecah.....	111
Gambar 6.5	Potongan Melintang dengan Material Batu Pecah	116
Gambar 6.6	Grafik Penentuan Nilai R_u/H untuk Material Dolos.....	117
Gambar 6.7	Potongan Melintang dengan Material Dolos ...	121

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Parameter Gelombang di Laut Dalam, Transisi dan Dangkal.....	7
Tabel 2.2	Koefisien Refleksi.....	12
Tabel 2.3	Koefisien untuk Menghitung Deviasi Standar.....	28
Tabel 2.4	Batas Interval Keyakinan	29
Tabel 2.5	Koefisien Stabilitas K_D untuk Berbagai Jenis Butir	34
Tabel 2.6	Koefisien Lapis	38
Tabel 4.1	Konstanta Harmonik Pengamatan Pasang Surut Pantai di Desa Tanjung Aru, Nunukan, Kalimantan Utara.....	48
Tabel 4.2	Elevasi Pasang Surut Pantai di Desa Tanjung Aru, Nunukan, Kalimantan Utara.....	49
Tabel 4.3	Persentase Kejadian Angin Pada Tahun 2006-2015	51
Tabel 4.4	Panjang <i>Fetch</i> Efektif dari Berbagai Arah	56
Tabel 4.5	Hasil Perhitungan Tinggi dan Periode Gelombang di Laut Dalam	59
Tabel 4.6	Persentase Tinggi Gelombang yang Terjadi Pada Tahun 2006-2015.....	69
Tabel 4.7	Tinggi Gelombang Signifikan yang Sudah Diurutkan	71
Tabel 4.8	Perhitungan Periode Ulang Metode Fisser – Tippet <i>Type 1</i>	71
Tabel 4.9	Tinggi Gelombang Metode Fisser – Tippet <i>Type 1</i>	72
Tabel 4.10	Perhitungan Periode Ulang Metode Weibull.....	72
Tabel 4.11	Tinggi Gelombang Metode Weibull.....	72
Tabel 4.12	Hasil Perhitungan Tinggi dan Kedalaman Gelombang Pecah	81

Tabel 5.1	Kelebihan dan Kekurangan Masing-masing Bangunan Pengaman Pantai	99
Tabel 7.1	Rekapitulasi Dimensi Struktur Pengaman Pantai.....	124

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pantai adalah daerah di tepi perairan yang dipengaruhi oleh air pasang tertinggi dan air surut terendah. Wilayah pantai merupakan daerah yang sangat intensif dimanfaatkan untuk kegiatan manusia, seperti sebagai kawasan pusat pemerintahan, pemukiman, industri, pelabuhan, pertambangan, pertanian, perikanan tangkap, dan sebagainya. Berbagai kegiatan yang ada di daerah pantai menimbulkan peningkatan kebutuhan akan lahan dan pembangunan infrastruktur di kawasan tersebut. Wilayah pantai yang sangat panjang, aktivitas manusia, dan kegiatan pembangunan di daerah pantai serta faktor alam seperti gelombang, pasang surut, dan arus dapat menimbulkan dampak negatif di daerah pantai dengan terjadinya erosi dan sedimentasi pantai (Triatmodjo, 2011).

Faktor alam berupa gelombang laut yang cukup besar terjadi pada pantai yang terletak di Desa Tanjung Aru, Kecamatan Sebatik Timur, Nunukan, Kalimantan Utara sehingga menyebabkan pantai pada daerah tersebut mengalami kemunduran garis pantai atau yang biasa disebut sebagai erosi pantai. Jika dibiarkan erosi pantai dapat menimbulkan kerugian yang sangat besar dengan rusaknya kawasan pemukiman dan fasilitas-fasilitas yang ada pada daerah tersebut.

Sehubungan dengan kondisi tersebut, maka upaya penanggulangan harus segera dilakukan guna menghindari kerugian yang lebih besar. Untuk melindungi daerah pantai yang mengalami erosi, maka diperlukan penanganan berupa pembuatan pengaman pantai. Pengaman pantai dapat dilakukan dengan cara alami dan pembuatan struktur pengaman pantai. Tujuan dibuatnya pengaman pantai adalah untuk menghindari terjadinya erosi pantai. Pengaman pantai secara alami misalnya berupa penanaman pohon bakau. Sedangkan, pengaman pantai dengan pembuatan struktur pengaman pantai antara lain pembuatan,

revetment, breakwater, groin, atau jetty. Pemilihan tipe pengaman pantai ini dilakukan berdasarkan analisis data berupa data angin, pasang surut, dan bathimetri.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana kondisi pantai berdasarkan data angin dan tinggi gelombang yang terjadi pada daerah studi tersebut?
2. Bagaimana kondisi pantai berdasarkan peta bathimetri dan data pasang surut?
3. Bagaimana perubahan garis pantai yang terjadi pada lokasi perencanaan?
4. Bagaimana perencanaan bangunan pengaman pantai yang efektif dan efisien sesuai dengan data bathimetri, data pasang surut, dan data gelombang yang ada agar pengaman pantai tersebut dapat mereduksi daya rusak yang diakibatkan oleh gelombang air laut?

1.3 Batasan Masalah

1. Tidak melakukan analisis data tanah
2. Tidak memperhitungkan anggaran biaya

1.4 Maksud dan Tujuan

Maksud perencanaan pengaman pantai ini adalah:

1. Melakukan identifikasi kondisi angin atau gelombang, pasang surut, arus, bathimetri, dan lingkungan pada daerah studi.
2. Melakukan analisis dan perhitungan *detail design* yang cermat dan tepat

Tujuan perencanaan pengaman pantai ini adalah menghasilkan *output* perhitungan yang akurat dan gambar detail desain pengaman pantai agar pekerjaan konstruksi dapat dilakukan dengan efektif dan efisien.

1.5 Lokasi Perencanaan

Pulau Sebatik terletak di Provinsi Kalimantan Utara dan secara geografis terletak pada $117^{\circ} 40' \text{BT} - 117^{\circ} 54' \text{BT}$ dan $4^{\circ} 02' \text{LU} - 4^{\circ} 10' \text{LU}$. Gambar 1.1 merupakan Pulau Kalimantan dan Gambar 1.2 merupakan lokasi studi yang terletak di Desa Tanjung Aru, Kecamatan Sebatik Timur, Kabupaten Nunukan, Kalimantan Utara.



Gambar 1.1 Pulau Kalimantan
(Sumber : www.maps.google.com)



Gambar 1.2 Desa Tanjung Aru, Kalimantan Utara
(Sumber : www.maps.google.com)

BAB II

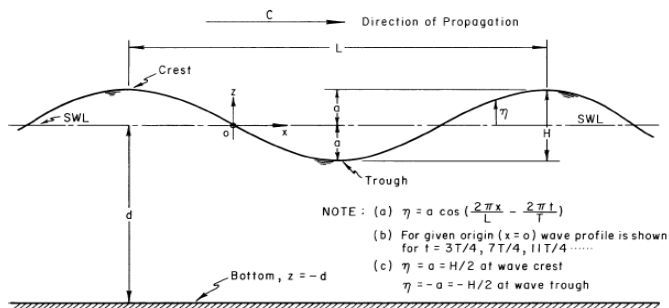
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Pantai

Pantai adalah sebuah bentuk geografis yang terdiri dari pasir, dan terdapat di daerah pesisir laut. Daerah pantai menjadi batas antara daratan dan perairan laut. Panjang garis pantai ini diukur mengelilingi seluruh pantai yang merupakan daerah teritorial suatu negara. Pantai terbentuk karena adanya gelombang yang menghantam tepi daratan tanpa henti, sehingga mengalami pengikisan, gelombang penghancur tersebut dinamakan gelombang destruktif. Penghantaman gelombang laut ke tepi daratan tanpa henti inilah yang mengakibatkan terjadinya erosi pada daratan pinggir pantai yang di mana terbawanya tanah dan lumpur ke dalam laut dan meninggalkan pasir dan kerikil yang tetap berada di Daerah pantai. Pantai memiliki garis pantai, yang di mana garis pantai adalah batas pertemuan antara bagian laut dan daratan pada saat terjadi air laut pasang tertinggi. Garis laut dapat berubah karena adanya abrasi, yaitu pengikisan pantai oleh hantaman gelombang laut yang menyebabkan berkurangnya areal daratan.

2.2 Teori Gelombang Airy

Pada Gambar 2.1, menunjukkan suatu gelombang yang berada pada koordinat x, y . Gelombang menjalar pada arah sumbu x



Gambar 2.1 Sketsa Definisi Gelombang
 (Sumber : SPM, 1984)

Beberapa notasi yang digunakan adalah :

d : Jarak antara muka air rerata dan dasar laut (kedalaman laut)

η : Fluktuasi muka air terhadap muka air diam

a : Amplitudo

H : Tinggi gelombang

L : Panjang gelombang, yaitu jarak antara dua puncak gelombang yang berurutan

T : Periode gelombang, yaitu interval waktu yang diperlukan oleh partikel air untuk kembali pada kedudukan yang sama dengan kedudukan sebelumnya.

C : Kecepatan rambat gelombang $= L/T$

k : Angka gelombang $= 2\pi/L$

σ : Frekuensi gelombang $= 2\pi/T$

Berdasarkan kedalaman relatif, yaitu perbandingan antara kedalaman air dan panjang gelombang (d/L), gelombang dapat diklasifikasikan menjadi 3 macam, yaitu: gelombang di laut dangkal, gelombang di laut transisi dan gelombang di laut dalam. Perbedaan dari masing-masing gelombang dijelaskan pada Tabel 2.1 berikut ini :

Tabel 2.1 Parameter Gelombang di Laut Dalam, Transisi dan Dangkal

Kedalaman Relatif (d/L)	Laut Dalam	Laut Transisi	Laut Dangkal
	$d/L < 1/25$	$1/25 < d/L < 1/2$	$d/L > 1/2$
Cepat Rambat (c)	1,56 T	$\frac{gT}{2\pi} \text{ tankd}$	\sqrt{gd}
Panjang Gelombang (L)	1,56 T ²	$\frac{gT^2}{2\pi} \text{ tankd}$	$\sqrt{gd}T$

(Sumber : SPM, 1984)

2.3 Pendangkalan Gelombang (*Wave Shoaling*)

Proses pendangkalan gelombang (*shoaling*) adalah proses berkurangnya tinggi gelombang akibat perubahan kedalaman. Kecepatan gerak gelombang juga berkurang seiring dengan pengurangan kedalaman dasar laut, sehingga menyebabkan puncak gelombang yang ada di air dangkal bergerak lebih lambat dibandingkan puncak gelombang yang berada di perairan yang lebih dalam.

Koefisien *Shoaling* dapat dituliskan dalam bentuk :

$$\frac{H}{H_0} = \sqrt{\frac{1 \times C_0}{2nC}} = K_s \quad (2.1)$$

$$n = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{4\pi d/L}{\sinh(4\pi d/L)} \right) \quad (2.2)$$

Koefisien *shoaling* juga dapat diperoleh dari tabel A-1 Buku Perencanaan Bangunan Pantai, Triatmodjo 2011.

Maka tinggi gelombang pada kedalaman H_0 akibat adanya refraksi dan shoaling adalah:

$$H = K_s \cdot H_0 \quad (2.3)$$

di mana,

K_s : koefisien Shoaling

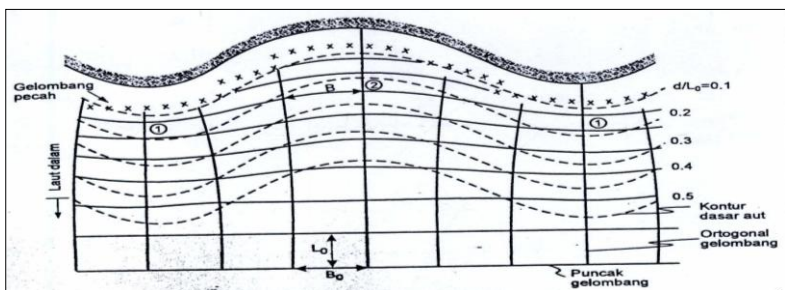
K_r : koefisien Refraksi

H_0 : tinggi gelombang di laut dalam

2.4 Refraksi Gelombang

Refraksi terjadi karena adanya pengaruh perubahan kedalaman laut. Di daerah di mana kedalaman air lebih besar dari setengah panjang gelombang, $d/L_0 > 0,5$, yaitu di laut dalam, gelombang menjalar tanpa dipengaruhi dasar laut. Tetapi di laut transisi dan dangkal, dasar laut mempengaruhi gelombang. (Triatmodjo, Bambang : 2011).

Gambar 2.2 menunjukkan contoh refraksi gelombang di daerah pantai yang mempunyai garis kontur dasar laut dan garis pantai yang tidak teratur. Suatu deretan gelombang di laut dalam mempunyai panjang gelombang L_0 dan garis puncak gelombang sejajar bergerak menuju pantai. Setelah melewati kontur dengan kedalaman relatif $d/L_0 > 0,5$, garis puncak gelombang yang semula lurus berubah bentuk dan berusaha untuk sejajar dengan garis kontur dan garis pantai. Garis ortogonal gelombang membelok dalam arah menuju tegak lurus garis kontur. Pada lokasi satu, garis ortogonal gelombang menguncup. Sedangkan, di lokasi dua garis ortogonal gelombang menyebar.



Gambar 2.2 Refraksi Gelombang
(Sumber: Bambang Triatmodjo, 2011)

Perubahan arah gelombang karena refraksi tersebut menghasilkan konvergensi (pengucupan) atau divergensi (penyebaran) energi gelombang dan mempengaruhi energi gelombang yang terjadi di suatu tempat di daerah pantai. (Triatmodjo, Bambang : 2011).

Apabila ditinjau gelombang di laut dalam dan di suatu titik yang ditinjau, maka

$$\sin \alpha = \left(\frac{C}{C_0} \right) \sin \alpha_0 \quad (2.4)$$

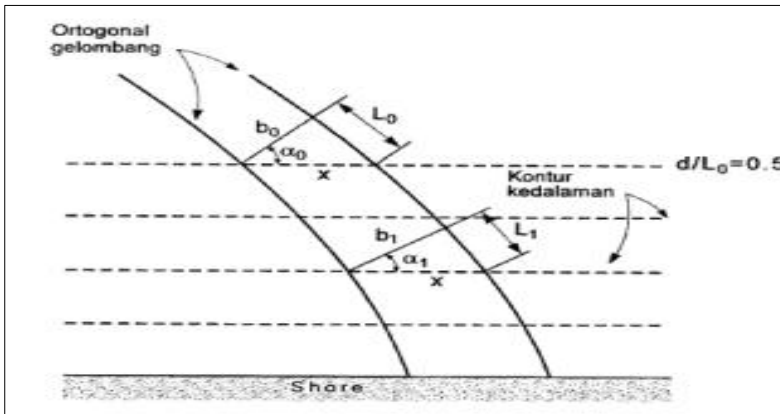
di mana,

α : Sudut antara garis puncak gelombang dengan kontur di dasar di mana gelombang melintas

α_0 : Sudut yang sama yang diukur saat garis puncak gelombang melintasi kontur berikutnya

C_0 : Kecepatan gelombang pada kedalaman di kontur Pertama

C : Kecepatan gelombang pada kedalaman di kontur berikutnya



Gambar 2.3 Refraksi Gelombang pada kontur Lurus dan Sejajar
(Sumber : Bambang Triatmodjo, 2011)

Pada Gambar 2.3, jarak antara ortogonal di laut dalam dan disuatu titik adalah b_0 dan b . Apabila kontur dasar laut adalah lurus dan sejajar maka jarak x di titik 0 dan di titik berikutnya adalah sama sehingga :

$$x = \frac{b_0}{\cos \alpha_0} = \frac{b}{\cos \alpha} \quad (2.5)$$

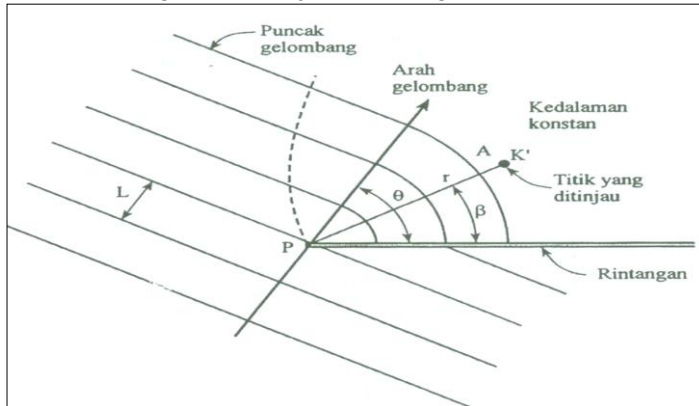
maka koefisien refraksi (Kr) adalah

$$K_r = \sqrt{\frac{b_0}{b}} = \sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha}} \quad (2.6)$$

2.5 Difraksi Gelombang

Difraksi gelombang terjadi apabila gelombang datang terhalang oleh suatu rintangan seperti pemecah gelombang (*breakwater*), maka gelombang tersebut akan membelok di sekitar ujung rintangan dan masuk di daerah terlindung dibelakangnya seperti pada Gambar 2.4 (Triatmodjo, Bambang : 2011).

Apabila tidak terjadi difraksi gelombang, daerah di belakang rintangan akan tenang. Tetapi karena adanya proses difraksi maka daerah tersebut terpengaruh oleh gelombang datang. Transfer energi ke daerah terlindung menyebabkan terbentuknya gelombang di daerah tersebut, meskipun tidak sebesar gelombang di luar daerah terlindung (Triatmodjo, Bambang : 2011).



Gambar 2.4 Difraksi Gelombang di Belakang Rintangan
(Sumber: Bambang Triatmodjo, 2011)

Pada perhitungan difraksi gelombang, tinggi gelombang di suatu tempat di daerah terlindung tergantung pada jarak titik tinjau terhadap sudut rintangan r , sudut antara rintangan dan garis yang menghubungkan titik tersebut dengan ujung rintangan β ,

dan sudut antara arah penjalaran gelombang dan rintangan θ (Gambar 2.4). Perbandingan antara tinggi gelombang di titik yang terletak di daerah terlindung dan tinggi gelombang datang disebut koefisien difraksi K' . Nilai K' diberikan dalam tabel difraksi. (Triatmodjo, Bambang : 2011).

$$H_A = K' H_P \quad (2.7)$$

di mana,

H_A :Tinggi gelombang yang ditinjau

H_P : Tinggi gelombang di ujung rintangan

2.6 Refleksi Gelombang

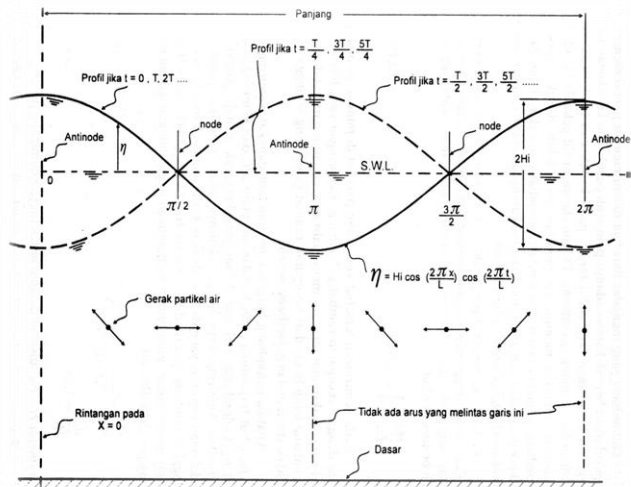
Gelombang yang mengenai atau membentur suatu bangunan akan dipantulkan sebagian atau seluruhnya. Refleksi gelombang di dalam pelabuhan akan menyebabkan ketidaktenangan di dalam perairan pelabuhan. Suatu bangunan yang mempunyai sisi miring dan terbuat dari tumpukkan batu akan bisa menyerapp energi gelombang lebih banyak dibanding dengan bangunan tegak dan masif. Pada bangunan vertikal, halus, dan dinding tidak elastis, gelombang akan dipantulkan seluruhnya. Gambar 2.5 adalah bentuk profil muka air di depan bangunan vertikal disebut dengan gelombang berdiri (*standing wave*). Besar kemampuan suatu benda memantulkan diberikan oleh koefisien refleksi, yaitu perbandingan antara tinggi gelombang refleksi H_r dan tinggi gelombang datang H_i .

Koefisien refleksi bangunan diperkirakan berdasarkan tes model. Koefisien refleksi berbagai tipe bangunan diberikan pada Tabel 2.2 berikut ini:

Tabel 2.2 Koefisien Refleksi

Tipe Bangunan	X
Dinding vertikal dengan puncak di atas air	0,7 – 1,0
Dinding vertikal dengan puncak terendam	0,5 – 0,7
Tumpukan batu sisi miring	0,3 – 0,6
Tumpukan blok beton	0,3 – 0,5
Bangunan vertikal dengan peredam energi (diberi lubang)	0,05 – 0,2

(Sumber : Bambang Triatmodjo, 2011)



Gambar 2.5 Standing Wave

(Sumber : SPM, 1984)

2.7 Gelombang Pecah

Jika gelombang menjalar dari tempat dalam menuju ke tempat yang makin lama makin dangkal, pada suatu lokasi tertentu gelombang tersebut akan pecah. Kondisi gelombang

pecah tergantung pada kemiringan dasar pantai dan kecuraman gelombang.

Tinggi gelombang pecah dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$\frac{Hb}{H'_0} = \frac{1}{3,3 \left(\frac{H'_0}{L_0} \right)^{\frac{1}{3}}} \quad (2.8)$$

Kedalaman air di mana gelombang pecah diberikan oleh rumus berikut:

$$\frac{db}{Hb} = \frac{1}{b - \left(\frac{aHb}{gT^2} \right)} \quad (2.9)$$

di mana a dan b merupakan fungsi kemiringan pantai m dan diberikan oleh persamaan berikut:

$$a = 43,75(1 - e^{-19m}) \quad (2.10)$$

$$b = \frac{1,56}{(1 + e^{-19,5m})} \quad (2.11)$$

di mana,

Hb : tinggi gelombang pecah

H'_0 : tinggi gelombang laut dalam ekivalen

L_0 : panjang gelombang di laut dalam

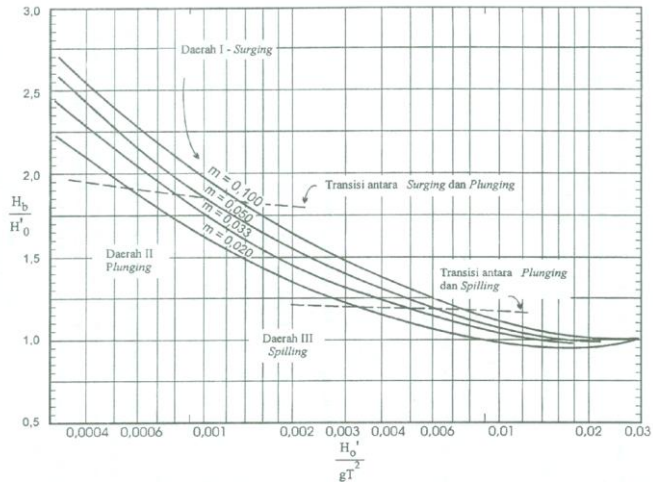
d_b : kedalaman air saat gelombang pecah

m : kemiringan dasar laut

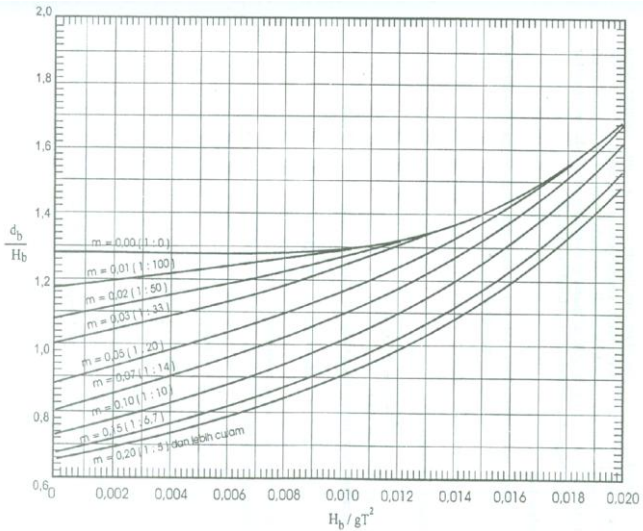
g : percepatan gravitasi

T : periode gelombang

Selain itu, tinggi dan kedalaman gelombang pecah dapat dihitung dengan menggunakan metode SPM melalui Gambar 2.6 dan Gambar 2.7.



Gambar 2.6 Penentuan Tinggi Gelombang Pecah
(Sumber: Bambang Triatmodjo, 2011)



Gambar 2.7 Penentuan Kedalaman Gelombang Pecah
(Sumber: Bambang Triatmodjo, 2011)

2.8 Gelombang Representatif

Gelombang representatif merupakan pemilihan tinggi dan periode gelombang individu (*individual wave*) yang dapat mewakili suatu spektrum gelombang. Apabila tinggi gelombang dari suatu pencatatan diurutkan dari nilai tertinggi ke terendah, maka akan dapat ditentukan tinggi H_n yang merupakan rerata dari n persen gelombang tertinggi. Bentuk yang paling banyak digunakan adalah H_{33} atau tinggi tinggi rerata dari 33% nilai tertinggi dari pencatatan gelombang yang juga disebut sebagai tinggi gelombang signifikan H_s .

2.9 Pembangkitan Gelombang

Di dalam pembangkitan gelombang, perlu diketahui beberapa parameter berikut ini:

1. Kecepatan rerata angin U_w di permukaan air
2. Arah Angin
3. Panjang daerah pembangkitan gelombang di mana angin mempunyai kecepatan dan arah konstan (*fetch*)
4. Lama hembusan angin pada *fetch*

2.9.1 Angin

Angin merupakan pembangkit gelombang laut. Oleh karena itu data angin dapat digunakan untuk memperkirakan tinggi dan arah gelombang di lokasi. Data angin diklasifikasikan berdasarkan kecepatan dan arah yang kemudian dihitung besarnya persentase kejadiannya. Arah angin dinyatakan dalam bentuk delapan penjuru arah mata angin (Utara, Timur Laut, Timur, Tenggara, Selatan, Barat Daya, Barat dan Barat Laut). Kecepatan angin disajikan dalam satuan knot.

Angin yang berhembus di atas permukaan air yang semula tenang, akan menyebabkan gangguan pada permukaan tersebut dengan timbulnya riak gelombang kecil. Apabila kecepatan angin bertambah, riak tersebut akan menjadi besar, dan apabila angin berhembus terus akhirnya akan terbentuk gelombang. Semakin

lama dan semakin kuat angin berhembus, semakin besar gelombang yang terbentuk (Triatmodjo, Bambang : 2011).

Tinggi dan periode gelombang yang dibangkitkan dipengaruhi oleh kecepatan angin (U), lama hembusan angin (D), *fetch* (F) dan arah angin. Pada umumnya pengukuran angin dilakukan di daratan, sedangkan di dalam persamaan atau grafik pembangkitan gelombang yang digunakan adalah yang ada di atas permukaan laut. Oleh karena itu, diperlukan transformasi dari data angin di daratan yang terdekat di lokasi studi ke data angin di atas permukaan laut (Triatmodjo, Bambang : 2011).

Hubungan antara angin diatas laut dan angin diatas daratan terdekat diberikan oleh persamaan berikut,

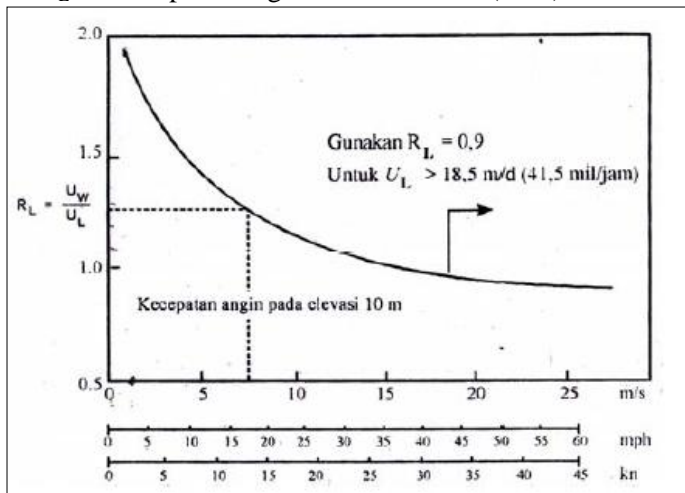
$$R_L = \frac{U_W}{U_L} \quad (2.12)$$

dimana,

R_L : Faktor koreksi terhadap kecepatan angin di darat
(Gambar 2.8)

U_W : Kecepatan angin di atas permukaan laut (m/dt)

U_L : Kecepatan angin di atas daratan (m/dt)



Gambar 2.8 Hubungan Kecepatan Angin di Laut dan Darat
(Sumber: Bambang Triatmodjo, 2011)

Setelah dilakukan konversi kecepatan angin, maka kecepatan angin dikonversikan pada faktor tegangan angin (wind stress faktor) dengan persamaan

$$UA = 0.71 U^{1.23} \quad (2.13)$$

di mana,

U : Kecepatan angin dalam m/det.

U_A : Faktor tegangan angin (*wind stress factor*)

Beberapa rumus atau grafik didasarkan pada kecepatan angina yang diukur pada $y=10\text{m}$. Apabila angin tidak diukur pada elevasi 10 m, maka kecepatan angin harus dikonversikan pada elevasi 10 m dengan menggunakan SPM, (Triatmodjo, Bambang : 2011).

$$U_{(10)} = U_{(y)} \left(\frac{10}{y} \right)^{\frac{1}{7}} \quad (2.14)$$

di mana,

$U_{(10)}$: kecepatan angin di elevasi 10 m

$U_{(y)}$: kecepatan angin pada ketinggian $\neq 10$ m dan $y < 20\text{m}$

2.9.2 Fetch

Fetch adalah daerah pembentukan gelombang yang diasumsikan memiliki kecepatan dan arah angin yang relatif konstan. Arah angin masih dianggap konstan apabila perubahannya tidak sampai 15° . sedangkan kecepatan angin masih dianggap konstan apabila perubahannya tidak lebih dari 5 knot (2,5 m/dt) (Triatmodjo, Bambang : 2011).

Di dalam peninjauan pembangkitan gelombang di laut, *fetch* dibatasi oleh daratan yang mengelilingi laut. Panjang *fetch* membatasi waktu yang diperlukan gelombang untuk terbentuk karena pengaruh angin, jadi mempengaruhi waktu untuk mentransfer energi angin ke gelombang. *Fetch* ini berpengaruh pada periode dan tinggi gelombang yang dibangkitkan. Semakin panjang jarak *fetch*nya, ketinggian gelombangnya akan semakin besar dan periode gelombangnya akan semakin lama. Di daerah

pembangkitan gelombang, gelombang tidak hanya dibangkitkan dalam arah yang sama dengan arah angin tetapi juga dalam berbagai sudut terhadap arah angin (Triatmodjo, Bambang : 2011).

Untuk memperoleh hasil dari *fetch* rerata efektif digunakanlah rumus di bawah ini:

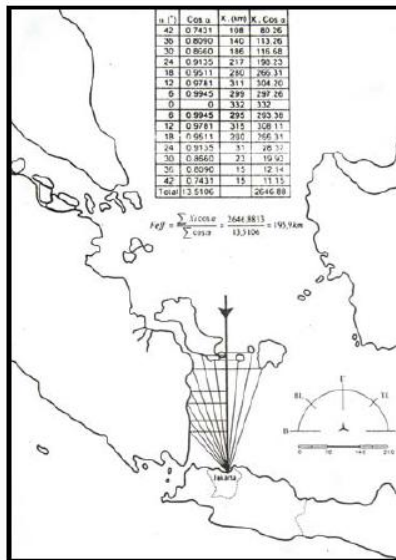
$$F_{\text{eff}} = \frac{\sum(X_i \cdot \cos \alpha_i)}{\sum \cos \alpha_i} \quad (2.15)$$

di mana,

F_{eff} : *Fetch* rerata efektif

X_i : Panjang segmen *fetch* yang diukur dari titik observasi gelombang ke ujung akhir *fetch*

α : Deviasi pada kedua sisi dari arah angin, dengan menggunakan pertambahan 6° sampai sudut sebesar 42° pada kedua sisi dari arah angin. Sperti pada Gambar 2.9



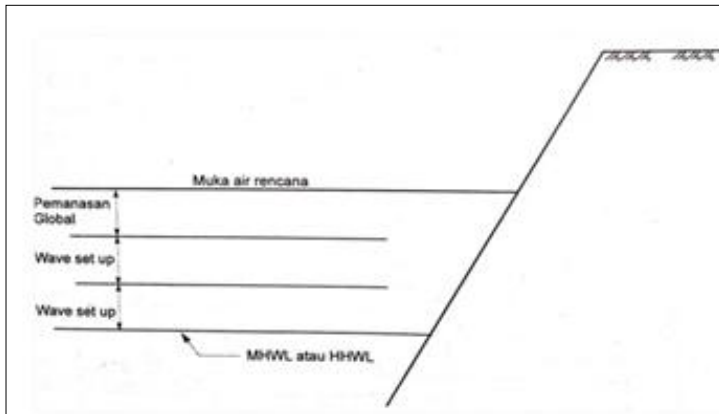
Gambar 2.9 Fetch

(Sumber: Bambang Triatmodjo, 2011)

2.10 Fluktuasi Muka Air Laut

2.10.1 Elevasi Muka Air Rencana

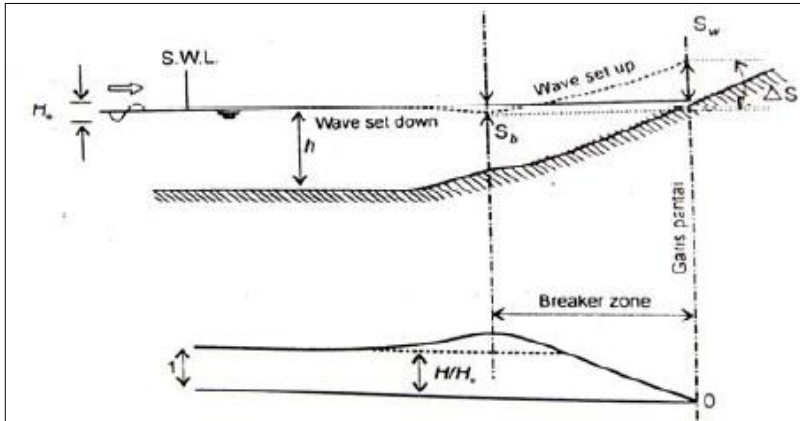
Elevasi muka air laut rencana merupakan parameter sangat penting di dalam perencanaan bangunan pantai. Elevasi tersebut merupakan penjumlahan dari beberapa parameter yaitu pasang surut, tsunami, *wave set-up*, *wind set-up*, dan kenaikan muka air karena perubahan suhu global. Gambar 2.10 menunjukkan contoh penentuan elevasi muka air rencana.



Gambar 2.10 Elevasi Muka Air Laut Rencana tanpa Tsunami
(Sumber: Bambang Triatmodjo, 2011)

2.10.2 Kenaikan Muka Air Karena Gelombang (*Wave Set-Up*)

Gelombang yang datang dari laut menuju pantai menyebabkan fluktuasi muka air di daerah pantai terhadap muka air diam. Pada waktu gelombang pecah, akan terjadi penurunan elevasi muka air rerata terhadap elevasi muka air diam di sekitar lokasi gelombang pecah. Kemudian dari titik di mana gelombang pecah, permukaan air rerata miring ke atas ke arah pantai. Turunnya muka air laut dikenal dengan *wave set down*, sedangkan naiknya muka air laut disebut *wave set up* (Triatmodjo, Bambang : 2011). Seperi ditunjukkan dalam gambar 2.11.



Gambar 2.11 *Wave set-up dan set-down*
(Sumber: Bambang Triatmodjo, 2011)

Besar *wave set-down* di daerah gelombang pecah diberikan oleh persamaan :

$$S_b = - \frac{0,536 H_b^{2/3}}{g^{1/2} T} \quad (2.16)$$

di mana,

S_b : *Set-down* di daerah gelombang pecah (m)

T : Periode gelombang (dt)

H'_0 : Tinggi gelombang laut dalam ekivalen (m)

H_b : Tinggi gelombang pecah (m)

g : Percepatan gravitasi (m/dt²)

Besar *wave set-up* di pantai diberikan oleh persamaan :

$$S_w = \Delta S - S_b \quad (2.17)$$

Dengan menganggap $d_b = 1,28 H_b$ maka :

$$\Delta S = 0,15 d_b \quad (2.18)$$

Diperoleh :

$$S_w = 0,19 \left[1 - 2,82 \sqrt{\frac{H_b}{g T^2}} \right] H_b \quad (2.19)$$

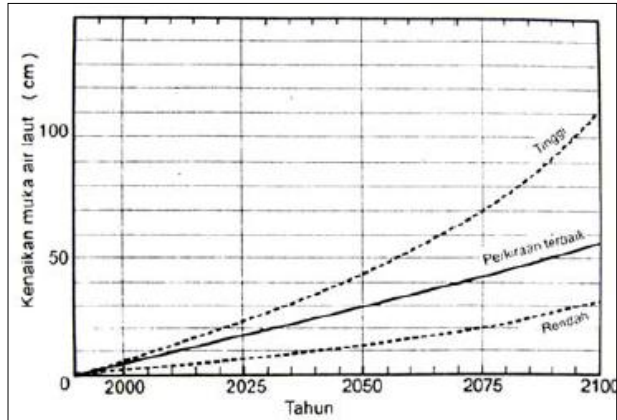
di mana,

Sw	: <i>Set Up</i> di daerah gelombang pecah (m)
ΔS	: <i>Set Up</i> antara daerah gelombang pecah dan pantai (m)
Sb	: <i>Set Down</i> di daerah gelombang pecah (m)
Hb	: Tinggi gelombang pecah (m)
db	: Kedalaman gelombang pecah (m)
T	: Periode gelombang (dt)
g	: Percepatan gravitasi (m/dt ²)

2.10.3 Kenaikan Muka Air Karena Pemanasan Global

Efek rumah kaca menyebabkan bumi menjadi panas, sehingga dapat dihuni kehidupan. Disebut efek rumah kaca karena kemiripannya dengan apa yang terjadi dalam sebuah rumah kaca ketika matahari bersinar. Sinar matahari yang masuk melalui atap dan dinding kaca menghangatkan ruangan di dalamnya sehingga suhu menjadi lebih tinggi daripada di luar. Hal ini disebabkan karena kaca menghambat sebagian panas untuk keluar (kaca sebagai penangkap panas). Di bumi, efek rumah kaca dihasilkan oleh gas-gas tertentu dalam jumlah kecil di atmosfer (disebut gas rumah kaca). Namun, selama 200 tahun terakhir ini, jumlah gas rumah kaca dalam atmosfer semakin meningkat secara berangsur-angsur akibat dari kegiatan manusia. Peningkatan konsentrasi gas-gas rumah kaca di atmosfer menyebabkan kenaikan suhu bumi dan berakibat pada mencairnya gunung-gunung es di kutub sehingga mengakibatkan kenaikan muka air laut. Di dalam perencanaan bangunan pantai, kenaikan muka air laut yang disebabkan oleh pemanasan global ini harus diperhitungkan (Triatmodjo, Bambang : 2011).

Gambar 2.12 merupakan grafik yang menunjukkan perkiraan besarnya kenaikan muka air laut dari tahun 1990 sampai 2100 yang disertai perkiraan batas atas dan batas bawah. Grafik tersebut didasarkan pada anggapan bahwa suhu bumi meningkat seperti yang terjadi saat ini, tanpa ada tindakan untuk mengatasinya.



Gambar 2.12 Perkiraan Kenaikan Muka Air Laut Karena Pemnasan Global

(Sumber: Bambang Triatmodjo, 2011)

2.10.4 Pasang Surut

Pasang surut adalah fluktuasi muka air laut karena adanya gaya tarik menarik benda-benda di langit, terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut di bumi. Pengetahuan tentang pasang surut adalah penting di dalam perencanaan bangunan pengaman pantai dan pelabuhan. Elevas muka air tertinggi (pasang) dan terendah (surut) sangat penting untuk merencanakan bangunan-banguna tersebut (Triatmodjo, Bambang : 2011).

Tinggi pasang surut adalah jarak vertikal antara air tertinggi (puncak air pasang) dan air terendah (lembah air surut) yang berurutan. Periode pasang surut bisa 12 jam 25 menit atau 24 jam 50 menit, yang bergantung pada tipe pasang surut. Periode pada mana muka air naik disebut pasang, sedangkan pada saat air turun disebut surut (Triatmodjo, Bambang : 2011).

2.10.4.1 Beberapa Tipe Pasang Surut

Bentuk pasang surut di berbagai daerah tidak sama. Secara umum pasang surut di berbagai daerah dapat dibedakan dalam empat tipe, yaitu:

1. Pasang surut harian ganda (*semi diurnal tide*)

Dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut dengan tinggi yang hampir sama dan pasang surut terjadi secara berurutan dan teratur. Periode pasang surut rata-rata adalah 12 jam 24 menit.

2. Pasang surut harian tunggal (*diurnal tide*)

Dalam satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut. Periode pasang surut adalah 24 jam 50 menit.

3. Pasang surut condong ke harian ganda (*mixed tide prevailing semidiurnal*)

Dalam satu hari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut, tetapi tinggi dan periodenya berbeda.

4. Pasang surut campuran condong ke harian tunggal (*mixed tide prevailing diurnal*)

Dalam satu hari terjadi satu kali pasang dan satu kali surut, tetapi tinggi dan periodenya berbeda.

2.10.4.2 Beberapa Definisi Elevasi Muka Air

Mengingat elevasi muka air laut yang selalu berubah setiap saat, maka diperlukan suatu elevasi yang ditetapkan berdasarkan data pasang surut, yang dapat digunakan sebagai pedoman di dalam perencanaan suatu bangunan pantai. Beberapa elevasi tersebut adalah sebagai berikut:

1. Muka air tinggi (*high water level/HWL*), yaitu muka air tertinggi yang dicapai pada saat air pasang dalam suatu siklus pasang surut.
2. Muka air rendah (*low water level/LWL*), yaitu kedudukan air terendah yang dicapai pada saat air surut dalam suatu siklus pasang surut.
3. Muka air tinggi rata-rata (*mean high water level/ MHWL*), yaitu rata-rata dari muka air tinggi selama 19 tahun.
4. Muka air rendah rata-rata (*mean low water level/ MLWL*), yaitu rata-rata dari muka air rendah selama periode 19 tahun.
5. Muka air rata-rata (*mean sea level/ MSL*), yaitu muka air rata-rata antara muka air tinggi rata-rata dan muka air rendah rata-

rata. Elevasi ini digunakan sebagai referensi untuk elevasi daratan.

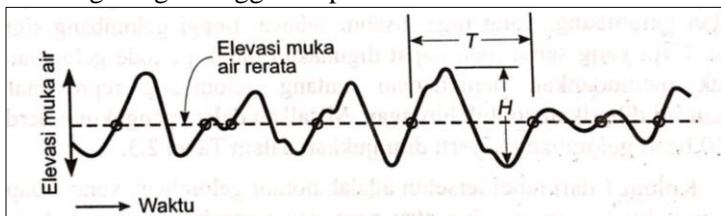
6. Muka air tinggi tertinggi (*highest high water level/ HHWL*), yaitu muka air tertinggi pada saat pasang surut purnama/ bulan mati.
7. Muka air rendah terendah (*lowest low water level/ LLWL*), yaitu air terendah pada saat pasang surut purnama.

2.11 Statistik dan Peramalan Gelombang

Analisis statistik gelombang diperlukan untuk mendapatkan beberapa karakteristik gelombang seperti gelombang representatif (H_1 , H_{10} , H_s , dan sebagainya), probabilitas kejadian gelombang, dan gelombang ekstrim (gelombang dengan periode ulang tertentu).

2.11.1 Statistik Gelombang

Gambar 2.13 adalah suatu pencatatan gelombang sebagai fungsi waktu di suatu tempat. Gambar tersebut menunjukkan bahwa gelombang mempunyai bentuk yang tidak teratur, dengan tinggi dan periode tidak konstan. Evaluasi terhadap gambar tersebut menimbulkan pertanyaan berapakah tinggi dan periode gelombang tersebut, mengingat terdapat lebih dari satu gelombang dengan tinggi dan periode berbeda.



Gambar 2.13 Gelombang di Suatu Tempat
(Sumber: Bambang Triatmodjo, 2011)

Ada dua metode untuk membentuk gelombang yaitu *zero upcrossing method* dan *zero downcrossing method*. Untuk

menjelaskan metode tersebut, ditetapkan elevasi rerata dari permukaan air berdasarkan fluktuasi muka air pada waktu pencatatan. Muka air tersebut didefinisikan sebagai garis nol. Kurva gelombang ditelusuri dari awal sampai akhir. Pada metode *zero upcrossing*, diberi tanda titik perpotongan antara kurva naik dan garis nol, dan titik tersebut ditetapkan sebagai awal dari suatu gelombang. Mengikuti naik-turunnya kurva, penelusuran dilanjutkan untuk mendapatkan perpotongan antara kurva naik dan garis nol berikutnya. Titik tersebut ditetapkan sebagai akhir dari gelombang pertama dan awal dari gelombang kedua. Jarak antara kedua titik adalah periode gelombang pertama (T_1). Jarak vertikal antara titik tertinggi dan terendah di antara kedua titik tersebut adalah tinggi gelombang pertama (H_1). Penelusuran dilanjutkan lagi untuk mendapatkan gelombang kedua, ketiga, dan seterusnya. Metode *zero downcasting* mempunyai prosedur yang sama, tetapi titik yang dicatat adalah pertemuan antara kurva turun dan garis nol.

2.11.2 Peramalan Gelombang di Laut Dalam

Penetapan gelombang dengan periode ulang tertentu dibutuhkan data gelombang dalam jangka waktu pengukuran cukup panjang (beberapa tahun). Data tersebut bisa berupa data pengukuran gelombang atau data gelombang hasil prediksi (peramalan) berdasar data angin.

Dari setiap tahun pencatatan dapat ditentukan gelombang representatif, seperti H_s , H_{10} , H_1 , H_{maks} dan sebagainya. Berdasarkan data representatif untuk beberapa tahun pengamatan dapat diperkirakan gelombang yang diharapkan disamai atau dilampaui satu kali dalam T tahun, dan gelombang tersebut dikenal dengan gelombang periode ulang T tahun atau gelombang T tahunan. Metode yang digunakan untuk perhitungan tinggi gelombang rencana adalah metode Weibull dan Fisher Tippet Type I.

Kedua distribusi tersebut mempunyai bentuk berikut ini.

1. Distribusi Fisher Tippet Type I.

$$P(Hs \leq \hat{H}s) = e^{-e^{-\left(\frac{\hat{H}s-B}{A}\right)}} \quad (2.20)$$

2. Distribusi Weibull

$$P(Hs \leq \hat{H}s) = 1 - e^{-\left(\frac{\hat{H}s-B}{A}\right)^k} \quad (2.21)$$

di mana,

$P(Hs \leq \hat{H}s)$: probabilitas bahwa $\hat{H}s$ tidak dilampaui

H : tinggi gelombang representatif

\hat{H} : tinggi gelombang dengan nilai tertentu

A : parameter skala

B : parameter lokasi

k : parameter bentuk

Data masukan disusun dalam urutan dari besar ke kecil. Selanjutnya probabilitas ditetapkan untuk setiap tinggi gelombang sebagai berikut:

1. Distribusi Fisher Tippet Type I.

$$P(Hs \leq H_{sm}) = 1 - \frac{m-0,44}{N_T+0,12} \quad (2.22)$$

Distribusi Weibull

$$P(Hs \leq H_{sm}) = 1 - \frac{m-0,2-\frac{0,27}{\sqrt{k}}}{N_T+0,2+\frac{0,23}{\sqrt{k}}} \quad (2.23)$$

di mana,

$P(Hs \leq H_{sm})$: probabilitas dari tinggi gelombang representatif ke m yang tidak dilampaui.

H_{sm} : tinggi gelombang urutan ke m

m : nomor urut tinggi gelombang signifikan

N_T : jumlah kejadian gelombang selama Pencatatan

Parameter A dan B di dalam persamaan 2.29 dan 2.30 dihitung dari metode kuadrat terkecil untuk setiap tipe distribusi yang digunakan. Hitungan didasarkan pada analisis regresi linier dari hubungan berikut :

$$H_{sm} = A \cdot y_m + B \quad (2.24)$$

di mana, y_m untuk distribusi Fisher Tippet tipe I :

$$y_m = -\ln\{-\ln F(H_s \leq H_{sm})\} \quad (2.25)$$

untuk distribusi Weibull :

$$y_m = [-\ln\{1 - F(H_s \leq H_{sm})\}]^{1/k} \quad (2.26)$$

Tinggi gelombang signifikan untuk berbagai periode ulang dihitung dari fungsi probabilitas dengan rumus berikut ini.

$$H_{sr} = A \cdot y_r + B \quad (2.27)$$

di mana y_r untuk distribusi Fisher-Tippet tipe I

$$y_r = -\ln\left\{-\ln\left(1 - \frac{1}{L \cdot T_r}\right)\right\} \quad (2.28)$$

dan untuk distribusi Weibull

$$y_r = [\ln(L \cdot T_r)]^{1/k} \quad (2.29)$$

di mana,

H_{sr} : tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang T_r

T_r : periode ulang (tahun)

K : panjang data (tahun)

L : rerata jumlah kejadian per tahun

2.11.3 Interval Keyakinan

Perkiraan interval keyakinan adalah penting dalam analisis gelombang ekstrim. Hal ini mengingat bahwa biasanya periode pencatatan gelombang adalah pendek, tingkat ketidakpastian yang tinggi dalam perkiraan gelombang ekstrim. Batas keyakinan sangat dipengaruhi oleh penyebaran data, sehingga nilainya bergantung pada deviasi standar. Dalam perhitungan ini digunakan pendekatan yang dilakukan oleh Gumbel (1958) dan Goda (2000) dalam CERC (1992) untuk perkiraan deviasi standar dari nilai uang. Deviasi standar yang dinormalkan dihitung dengan persamaan berikut:

$$\sigma_{nr} = \frac{1}{\sqrt{N}} [1 + \alpha(y_r - c + \varepsilon \ln v)^2]^{1/2} \quad (2.30)$$

dengan:

σ_{nr} : standar deviasi yang dinormalkan dari tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang T

N : jumlah data tinggi gelombang signifikan

$$\alpha = \alpha_1 e^{\alpha_2 N^{-1,3} + k\sqrt{-\ln v}}$$

$\alpha_1, \alpha_2, e, \varepsilon, k$: koefisien empiris yang diberikan pada Tabel 2.3

$$v = \frac{N}{N_T} \quad (2.31)$$

Tabel 2.3 Koefisien untuk Menghitung Deviasi Standar

Distribusi	α_1	α_2	e	c	ε
FT-1	0,64	9,0	0,93	0,0	1,33
Weibull (k=1,4)	2,05	11,4	0,69	0,4	0,72

(Sumber: Bambang Triatmodjo, 2011)

Besaran absolut dari deviasi standar dari tinggi gelombang signifikan dihitung dengan rumus:

$$\sigma_r = \sigma_{nr} \sigma_{Hs} \quad (2.32)$$

dengan:

σ_r : kesalahan standar dari tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang Tr

σ_{Hs} : deviasi standar dari data gelombang signifikan

Interval keyakinan dihitung dengan anggapan bahwa perkiraan tinggi gelombang signifikan pada periode ulang tertentu terdistribusi normal terhadap fungsi distribusi yang diperkirakan. Batas interval keyakinan terhadap Hsr dengan berbagai tingkat keyakinan diberikan pada Tabel 2.4. perlu diingat bahwa lebar interval keyakinan tergantung pada fungsi distribusi, N dan v, tetapi tidak berkaitan dengan seberapa baik data mengikuti fungsi distribusi.

Tabel 2.4 Batas Interval Keyakinan

Tingkat keyakinan (%)	Batas Interval Keyakinan Terhadap Hsr	Probabilitas Batas Atas Terlampaui
80	$1,28\sigma$	10,0
85	$1,44\sigma$	7,5
90	$1,65\sigma$	5,0
95	$1,96\sigma$	2,5
99	$2,58\sigma$	0,5

(Sumber: Bambang Triatmodjo, 2011)

2.12 Peta Bathimetri

Bathimetri adalah pengukuran kedalaman dari air lautan dan danau, juga segala informasi yang didapatkan dari pengukuran tersebut. Survey bathimetri bertujuan untuk mendapatkan data bathimetri yaitu berupa peta bathimetri. Peta bathimetri diperlukan untuk mengetahui keadaan kedalaman laut di sekitar lokasi pekerjaan. Peta ini digunakan untuk mengetahui kondisi gelombang di lokasi pekerjaan (Triatmodjo, Bambang : 2011).

2.13 Permodelan Garis Pantai dengan *One Line Model*

One line model sediment transport digunakan untuk mengetahui *transport rate* dengan pendekatan numerik yang terstruktur sehingga diperoleh gambaran perubahan garis pantai yang terjadi dalam kurun waktu tertentu yang akan mendekati kondisi yang terjadi di lapangan serta dapat mensimulasikan skenario penambahan bangunan pelindung pantai yang diinginkan dalam suatu perairan. Hasil permodelan akan menunjukkan perubahan garis pantai, luasan erosi dan sedimentasi yang terjadi serta angkutan sedimen yang dihasilkan, dan hasil perubahan garis pantai setelah dibangun bangunan pelindung pantai.

Data masukan yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

1. Data posisi awal garis pantai berupa koordinat (x,y)

2. *Time series* data gelombang laut dalam, tinggi gelombang, periode dan arah rambat gelombang terhadap garis normal pantai untuk selang waktu tertentu.
3. Grid simulasi yang melingkupi garis pantai serta perairan dimana gelombang akan merambat.
4. Struktur bangunan pantai eksisting atau yang direncanakan dan data struktur laut lainnya yang berada pada perairan yang ditinjau.
5. Data-data lain seperti ukuran butiran (D50), parameter kalibrasi dan parameter-parameter lainnya.

2.14 Pemilhan Tipe Bangunan Pengaman Pantai

Berikut adalah macam-macam bangunan pengaman pantai

2.14.1 *Revetment* / Dinding Pantai

Revetment adalah konstruksi tidak massif (berongga/tidak padat) yang fungsinya untuk perlindungan terhadap pengaruh gelombang dan arus. *Revetment* tidak berfungsi sebagai penahan tanah di belakang konstruksi. Bahan yang umum digunakan adalah susunan batu kosong, blok-blok beton, pasangan batu dan beton. *Revetment* yang terbuat dari susunan batu kosong atau blok-blok beton dengan kemiringan tertentu disebut konstruksi dengan tipe rubble (*rubble mount*). Konstruksi ini mempunyai lapisan pelindung luar yang langsung terhempas gelombang yang disebut armor. Nama lain untuk *revetment* dari susunan armor yang terdiri dari campuran batu kosong yang tidak seragam disebut rip-rap. Untuk mencegah hanyutnya material pantai yang halus antara pantai yang dilindungi dan *revetment* harus dipasang lapisan filter (Yuwono, 2005).

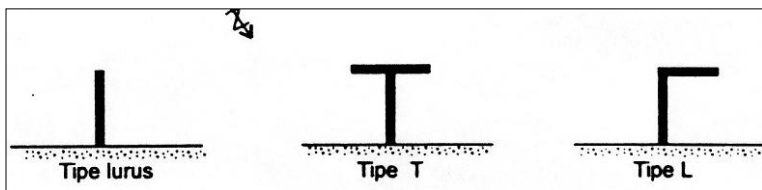
2.14.2 *Groin*

Groin adalah bangunan pelindung pantai yang biasanya dibuat tegak lurus garis pantai dan berfungsi untuk menahan transport sedimen sepanjang pantai sehingga bisa mengurangi

atau menghentikan erosi yang terjadi (Triatmodjo, Bambang : 2011).

Groin hanya bisa menahan transport sedimen sepanjang pantai. Apabila *groin* ditempatkan pada pantai yang terabrasi, maka *groin* akan menahan gerak sedimen tersebut, sehingga sedimen mengendap di hulu (terhadap arah transport sedimen sepanjang pantai). Sedangkan di sebelah hilir *groin*, angkutan sedimen masih tetap terjadi sementara, sementara suplai sediment dari hulu terhalang oleh bangunan, akibatnya daerah hilir mengalami defisit sedimen sehingga pantai mengalami erosi. Keadaan tersebut akan menyebabkan terjadinya perubahan garis pantai yang akan terus berlangsung sampai dicapai satu keseimbangan baru. Keseimbangan baru tersebut tercapai pada saat sudut yang dibentuk oleh gelombang pecah terhadap garis pantai adalah nol ($\alpha = 0$), di mana tidak terjadi lagi angkutan sediment sepanjang pantai (Triatmodjo, Bambang : 2011).

Groin memiliki beberapa tipe, ada tipe lurus, tipe T ataupun tipe L yang dapat dilihat pada Gambar 2.14. Pemilihan tipe-tipe *groin* bergantung kepada kegunaan dan kebutuhan perencanaannya.



Gambar 2.14 Tipe *Groin*

(Sumber: Bambang Triatmodjo, 2011)

2.14.3 Breakwater/ Pemecah gelombang

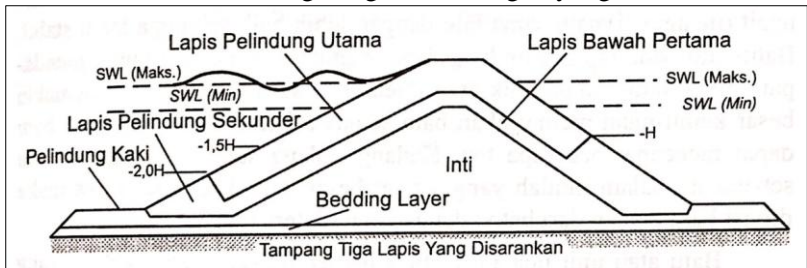
Pemecah gelombang adalah bangunan yang digunakan untuk melindungi daerah perairan pelabuhan dari gangguan gelombang. Pengaturan tata letak pemecah gelombang

sedemikian rupa sehingga mulut pelabuhan tidak menghadap ke arah gelombang dan arus dominan.

Dimensi pemecah gelombang tergantung pada banyak factor, di antaranya adalah ukuran dan *layout* perairan pelabuhan, kedalaman laut, tinggi pasang surut dan gelombang.

2.13.3.1 Struktur Bangunan Sisi Miring

Pemecah gelombang sisi miring dari tumpukan batu dibuat dalam beberapa lapis seperti diberikan dalam Gambar 2.15 dalam gambar tersebut, pemecah gelombang terbuka ke arah laut pada satu sisi, sedang sisi lain berada di daerah terlindung. Sisi yang menerima serangan gelombang dibuat dengan kemiringan lebih landai untuk mendapatkan stabilitas unit lapis lindung yang lebih besar. Sisi terlindung dengan kemiringan yang lebih landai.



Gambar 2.15 Tampang Pemecah Gelombang Tumpukan Batu
(Sumber: *Manual on the use of rock in coastal and shoreline engineering*)

Pemecah gelombang terdiri dari beberapa lapis berikut ini :

1. Lapisan pelindung utama (*primary cover layer*), lapis paling luar yang menerima langsung serangan gelombang. Berat unit lapis lindung harus cukup besar sehingga stabil terhadap hantaman gelombang.
2. Lapis pelindung sekunder (*secondary cover layer*), lapis paling luar yang berada pada elevasi di bawah

lapis pelindung utama. Berat unit lapis lindung lebih kecil daripada lapis lindung utama.

3. Lapis bawah pertama (*first underlayer*), lapis disebelah dalam dari lapis lindung utama dan sekunder.
4. Lapis bawah kedua (*second underlayer*), lapis disebelah dalam dari lapis bawah kedua.
5. Inti (*core*), bagian paling dalam dari pemecah gelombang.
6. *Bedding layer*, lapis yang merupakan alas untuk timbunan batu di atasnya.
7. Pelindung tumit, yang berfungsi untuk melindungi gerusan pada kaki bangunan.

2.13.3.2 Stabilitas Unit Lapis Pelindung Formula *Hudson* dan Formula *Van Der Meer*

- Stabilitas berat butir batu pelindung dapat dihitung dengan menggunakan rumus Hudson

$$W = \frac{\gamma_r H^3}{K_D (S_r - 1)^3 \cot \theta} \quad (2.33)$$

di mana $S_r = \frac{\gamma_r}{\gamma_a}$

dengan,

W : berat butir batu pelindung

γ_r : berat jenis batu

γ_a : berat jenis air laut

H : tinggi gelombang rencana

θ : sudut kemiringan sisi pemecah gelombang

K_D : Koefisien stabilitas yang tergantung pada bentuk batu pelindung (batu alam atau buatan), kekasaran permukaan batu, ketajaman sisi sisinya, ikatan antara butir, dan kondisi

gelombang. Nilai K_D untuk berbagai bentuk batu pelindung terdapat dalam Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Koefisien Stabilitas K_D untuk Berbagai Jenis Butir

Lapis Lindung	n	Penem- patan	Lengan bangunan		Ujung (kepala) Bangunan		Kemi- ringan
			KD		KD		
			Gel. Pecah	Gel. Tdk Pecah	Gel. Pecah	Gel. Tdk Pecah	
Batu Pecah							
Bulat halus	2	Acak	1,2	2,4	1,1	1,9	1,5-3,0
Bulat halus	>3	Acak	1,6	3,2	1,4	2,3	*2
Bersudut kasar	1	Acak	*1	2,9	*1	2,3	*2
Bersudut kasar	2	Acak	2,0	4,0	1,9	3,2	1,5
					1,6	2,8	2,0
					1,3	2,3	3,0
Bersudut kasar	>3	Acak	2,2	4,5	2,1	4,3	*2
Bersudut kasar	2	Khusus *3	5,8	7,0	5,3	6,4	*2
Paralelepipedum	2	Khusus	7,0-20,0	8,5-24,0	-	-	
Tetrapod dan Quadripod	2	Acak	7,0	8,0	5,0	6,0	1,5
					4,5	5,5	2,0
					3,5	4,0	3,0
Tribar	2	Acak	9,0	10,0	8,3	9,0	1,5
					7,8	8,5	2,0
					6,0	6,5	3,0
Dolos	2	Acak	15,8	31,8	8,0	16,0	2,0
					7,0	14,0	3,0
Kubus modifikasi	2	Acak	6,5	7,5	-	5,0	*2
Hexapod	2	Acak	8,0	9,5	5,0	7,0	*2
Tribar	1	Seragam	12,0	15,0	7,5	9,5	*2

(Sumber: Bambang Triatmodjo, 2011)

- Stabilitas berat butir batu pelindung dapat dihitung dengan menggunakan rumus Van Der Meer

Formula untuk menentukan angka stabilitas (N_s) unit lapis lindung pemecah gelombang yang berlaku untuk jenis lapis lindung batuan dibedakan dengan tipe gelombang pecah (*Plunging*) dan gelombang tak pecah (*Surging*) (Van Der Meer, 1987).

1. Stabilitas berat batu pelindung untuk laut dalam

- *Plugging waves*

$$N_s = \frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = C_{pl} P^{0.18} \left(\frac{S_d}{\sqrt{N}} \right)^{0.2} \xi_m^{-0.5} \quad (2.34)$$

untuk $C_{pl} = 6.2$, faktor pengaruh grading dan permeabilitas

- *Surging waves*

$$N_s = \frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = C_{pu} P^{0.18} \left(\frac{S_d}{\sqrt{N}} \right)^{0.2} \sqrt{(\cot \alpha)} \xi_m^p \quad (2.35)$$

untuk $C_{pu} = 1.0$, faktor pengaruh grading dan permeabilitas

2. Stabilitas berat batu pelindung untuk laut dangkal

- *Plugging waves*

$$N_s = \frac{H_{2\%}}{\Delta D_{n50}} = C_{pl} P^{0.18} \left(\frac{S_d}{\sqrt{N}} \right)^{0.2} \xi_m^{-0.5} \quad (2.36)$$

untuk $C_{pl} = 8.4$, faktor pengaruh grading dan bentuk material

- *Surging waves*

$$N_s = \frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = C_{pu} P^{0.18} \left(\frac{S_d}{\sqrt{N}} \right)^{0.2} \sqrt{(\cot \alpha)} \xi_m^p \quad (2.37)$$

untuk $C_{pu} = 1.3$, faktor pengaruh grading dan permeabilitas

$$\text{dimana } \xi_m = I_r = \tan \alpha / \sqrt{S} = \tan \alpha / \sqrt{(H/L_0)}^{0.5} \quad (2.38)$$

dengan :

P : Porositas pemecah gelombang

N : Parameter untuk mempertimbangkan bahwa kondisi desain tercapai berkali-kali selama umur rencana struktur

ξ : Parameter surf similarity

S : Armor damage,

Van Der Meer menyarankan bahwa :

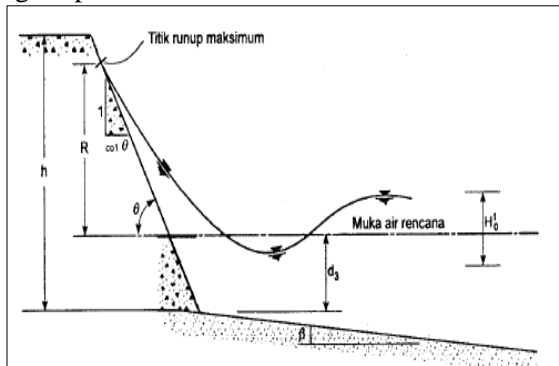
- P : 0.1 untuk lapisan armor di atas lapisan kedap, $P = 0.4$ untuk armor di atas coarse core, dan $P = 0.6$ untuk struktur yang seluruhnya dari batu armor.
- S : 2-3 untuk zero damage.
- N : 1000-7500

2.13.3.3 Dimensi Pemecah Gelombang Sisi Miring

Perencanaan pemecah gelombang dilakukan pada beberapa bagian berikut ini ;

1. Elevasi puncak dan lebar pemecah gelombang

Elevasi puncak bangunan dihitung berdasarkan kenaikan (*runup*) gelombang, yang tergantung pada bentuk dan kekasaran bangunan, kedalaman air pada kaki bangunan, kemiringan dasar laut di depan bangunan, dan karakteristik gelombang. Karena banyaknya variable yang berpengaruh, maka besarnya *runup* sangat sulit ditentukan secara analitis. Gambar 2.17 menunjukkan *runup* gelombang yang terjadi karena gelombang membentur bangunan dengan permukaan miring, sedangkan Gambar 2.18 merupakan grafik hasil percobaan di laboratorium yang dilakukan oleh Iribaren untuk menentukan *runup* gelombang pada bangunan dengan permukaan miring dan dari berbagai tipe material.



Gambar 2.16 *Runup* Gelombang
(Sumber: Bambang Triatmodjo, 2011)

Penentuan tinggi *runup* telah diteliti oleh Irribaren. Penelitian ini untuk menentukan *runup* gelombang pada bangunan dengan permukaan miring dan dari berbagai tipe material. Bilangan Irribaren mempunyai bentuk berikut :

$$I_r = \frac{tg \theta}{(H/L)^{0.5}} \quad (2.39)$$

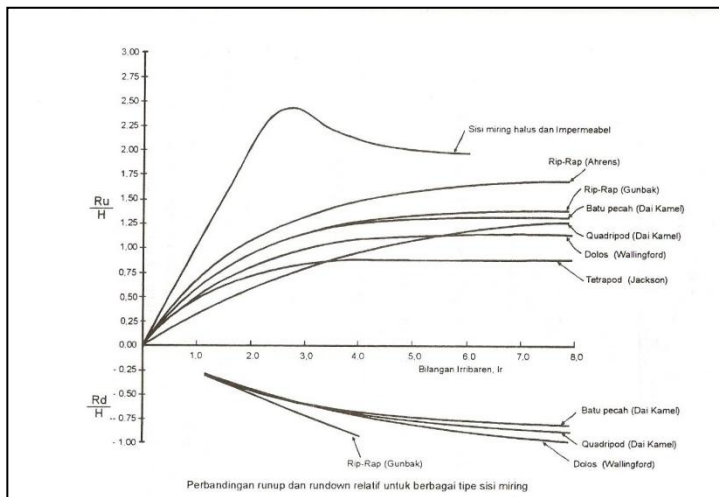
dengan:

I_r : Bilangan Irribaren

θ_r : sudut kemiringan sisi pemecah gelombang

H : tinggi gelombang di lokasi bangunan

Lo : panjang gelombang di laut



Gambar 2.17 *Runup* dan *Rundown* merupakan Hasil Percobaan Irribaren

(Sumber: Bambang Triatmodjo, 2011)

Grafik tersebut juga digunakan untuk menghitung *rundown* yaitu turunnya muka air laut karena gelombang pada sisi pemecah gelombang. Pada kurva tersebut mempunyai bentuk tak

berdimensi untuk *runup* relatif R_u/H atau R_d/H sebagai fungsi dari bilangan Irrebaren, di mana R_u dan R_d adalah *runup* dan *rundown* yang dari muka air laut rerata.

2. Lebar pemecah gelombang

Lebar puncak pemecah gelombang dapat dihitung dengan rumus berikut ini :

$$B = nK_{\Delta} \left[\frac{W}{\gamma_r} \right]^{\frac{1}{3}} \quad (2.40)$$

di mana,

B : lebar puncak

n : jumlah butir batu

k_{Δ} : koefisien lapis (Tabel 2.6)

W : berat butir batu pelindung

γ_r : berat jenis batu pelindung

Tabel 2.6 Koefisien Lapis

Batu Pelindung	n	Penempatan	Koef. Lapis k_{Δ}	Porositas P(%)
Batu(quarrystone, halus)	2	acak	1,02	38
Batu(quarrystone, kasar)	2	acak	1,15	37
Batu(quarrystone, kasar)	>3	acak	1,10	40
Kubus	2	acak	1,10	47
Tetrapod	2	acak	1,04	50
Quadripod	2	acak	0,95	49
Hexapod	2	acak	1,15	47
Tribard	2	acak	1,02	54
Dolos	2	acak	1,00	63
Tribar	1	seragam	1,13	47
Batu(quarrystone)		acak	-	37

(Sumber: Bambang Triatmodjo, 2011)

3. Tebal Lapisan

Tebal lapisan dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$t = nK_{\Delta} \left(\frac{W}{\gamma_r} \right)^{1/3} \quad (2.41)$$

di mana,

n : Jumlah lapis batu dalam lapis pelindung

K_{Δ} : Koefisien lapis batu alam kasar penempatan acak (didapat dari tabel 2.6)

W : Berat butir batu pelindung

γ_r : Berat jenis batu pelindung

4. Jumlah butir batu

Jumlah butir batu dapat dihitung dengan rumus :

$$N = AnK_{\Delta} \left(1 - \frac{P}{100} \right) \left(\frac{\gamma_r}{W} \right)^{2/3} \quad (2.42)$$

di mana,

N : jumlah butir batu untuk satu satuan luas permukaan

A : luas permukaan

n : Jumlah lapis batu dalam lapis pelindung

K_{Δ} : Koefisien lapis batu alam kasar penempatan acak (didapat dari tabel 2.4)

P : porositas rerata dari lapis pelindung (%) (tabel 2.4)

W : Berat butir batu pelindung

γ_r : Berat jenis batu pelindung

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

3.1 Persiapan

Tahap persiapan adalah kegiatan sebelum memulai mengumpulkan data. Kegiatan pada tahap persiapan ini adalah studi literatur. Studi literatur dilakukan untuk memberikan gambaran pada penulis mengenai teknik – teknik perancangan dan standar – standar di dalam pembangunan bangunan pantai yang nantinya akan digunakan sebagai acuan di dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir.

3.2 Identifikasi Masalah

Setelah mendapatkan data-data serta informasi dari berbagai pihak mengenai kondisi asli di lokasi, maka dapat diidentifikasi masalah yang sedang dialami. Permasalahan tersebut adalah kerusakan pantai akibat terjadinya proses abrasi.

3.3 Pengumpulan Data

Agar upaya perencanaan pengamanan pantai dapat berjalan dengan baik dan benar, maka diperlukan data yang sesuai dengan kondisi asli di lapangan. Data-data tersebut kemudian akan dianalisis dan diolah dengan mempertimbangkan pengetahuan berdasarkan literatur yang ada. Metode pengumpulan data dilakukan dengan cara, mengumpulkan, mengidentifikasi, serta mengolah data dari instansi yang terkait. Dalam pelaksanaan perencanaan bangunan pengamanan pantai, perlu dilakukan pengumpulan data yang berupa :

1. Data Angin

Data angin berguna untuk menentukan distribusi arah angin dominan dan kecepatan angin yang terjadi di lokasi. Serta dapat melakukan peramalan tinggi gelombang.

2. *Fetch*

Fetch berpengaruh pada periode dan tinggi gelombang yang dibangkitkan.

3. Data Pasang Surut

Data Pasang surut diperlukan untuk menentukan HHWL, MHWS, MHWL, MSL, MLWL, MLWS, dan LLWL. Data tersebut berguna untuk perencanaan bangunan pengaman pantai.

4. Peta Batimetri

Peta Bathimetri berguna untuk mengetahui kedalaman dasar laut yang berhubungan dengan perencanaan bangunan pengaman pantai.

3.4 Analisis Data

Pada tahap analisis data dilakukan proses pengolahan data-data yang meliputi :

1. Analisis Data Angin

Data angin yang telah diperoleh kemudian diolah dan disajikan dalam bentuk mawar angin (*windrose*). Adapun langkah-langkah pengerjaannya adalah sebagai berikut :

- a. Mengelompokkan data angin berdasarkan arah dan kecepatannya masing-masing.
- b. Menghitung prosentase tiap-tiap arah dan kecepatannya serta disajikan dalam bentuk tabel.
- c. Membuat gambar *windrose* berdasarkan tabel yang telah dibuat.

2. Analisis Data Gelombang

Data gelombang yang telah diolah, dapat dibuat *waverose* dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- a. Mengelompokkan data gelombang berdasarkan arah angin dan tinggi gelombang.
- b. Menghitung prosentase untuk tiap-tiap arah dan tinggi gelombangnya yang kemudian disajikan dalam bentuk tabel.
- c. Membuat *waverose* berdasarkan tabel tersebut

3. Analisis Data Pasang Surut

Data pasang surut dianalisis melalui tahapan sebagai berikut:

- a. Menguraikan Komponen-komponen Pasang Surut

Menguraikan komponen-komponen pasang surut adalah menguraikan fluktuasi muka air akibat pasang surut menjadi sembilan komponen-komponen harmonik penyusunnya.

b. Menghitung Elevasi Muka Air Rencana

Dengan menggunakan komponen pasang surut yang telah dihasilkan dapat ditentukan beberapa elevasi muka air penting, yaitu; HHWL, MHWS, MHWL, MSL, MLWL, MLWS, dan LLWL

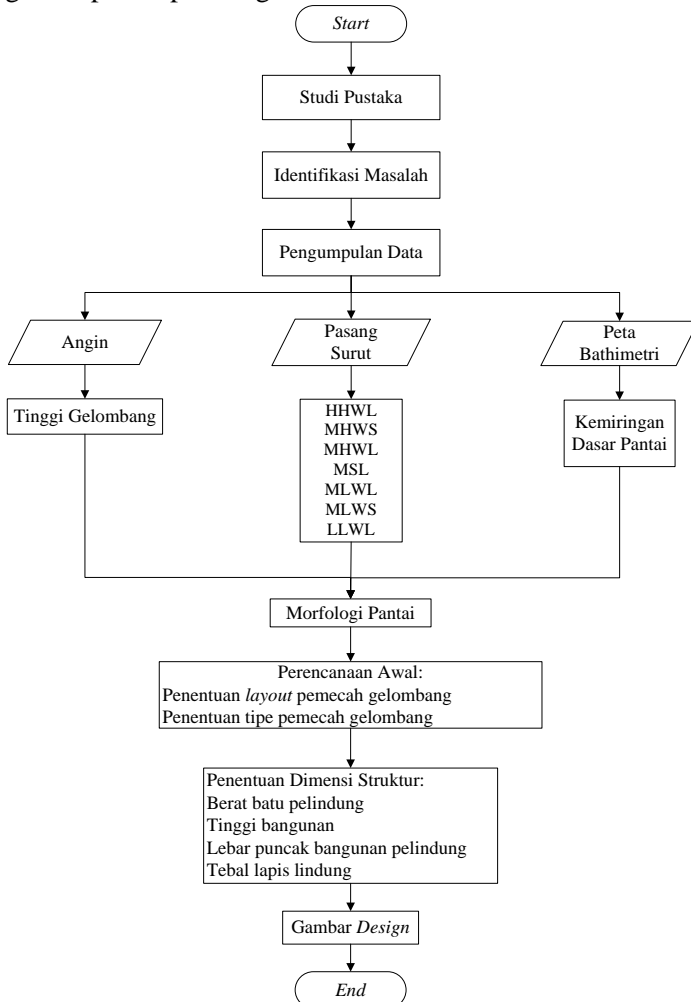
3.5 Perencanaan Tipe Bangunan

Bangunan pengaman pantai memiliki beberapa tipe yaitu, *revetment*, *groin*, *backwater*. Bangunan pengaman pantai dipilih berdasarkan kesimpulan dari data yang telah diolah .

Pada tahap ini dilakukan perhitungan dan gambar desain pengaman pantai yang meliputi gambar tampak, potongan, dan detail.

3.6 Flowchart

Gambar 3.1 adalah diagram alir perencanaan bangunan pengaman pantai pada tugas akhir ini.



Gambar 3.1 Flowchart Perencanaan Pengaman Pantai

BAB IV

ANALISIS DATA

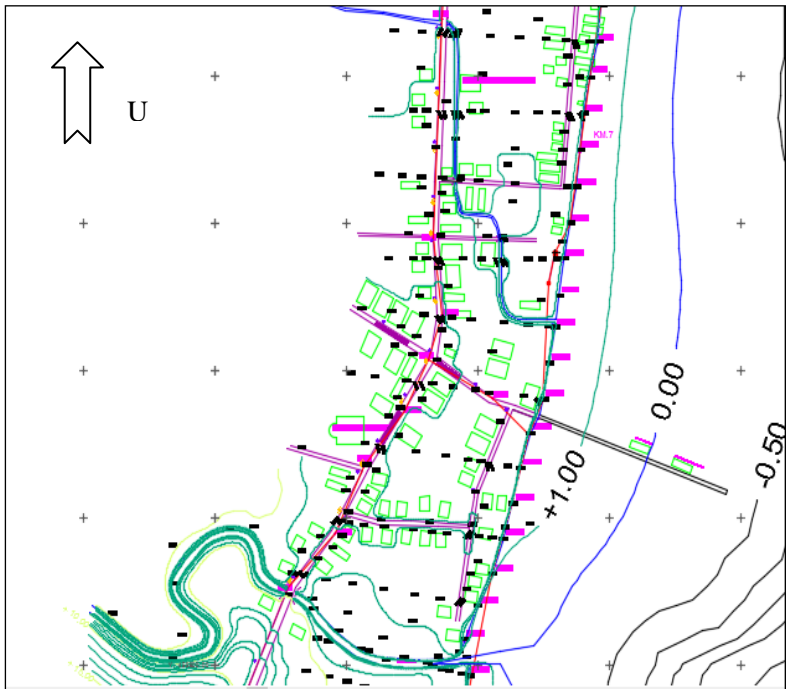
4.1 Umum

Sebelum melakukan penentuan bangunan pengaman pantai yang berada di Desa Tanjung Aru, Nunukan, Kalimantan Utara dilakukan terlebih dahulu analisis kondisi pantai dengan menggunakan peta bathimetri dan topografi, data pasang surut, data angin, dan data kecepatan arus. Data-data tersebut didapat dari berbagai sumber yang telah melakukan survei di lokasi perencanaan.

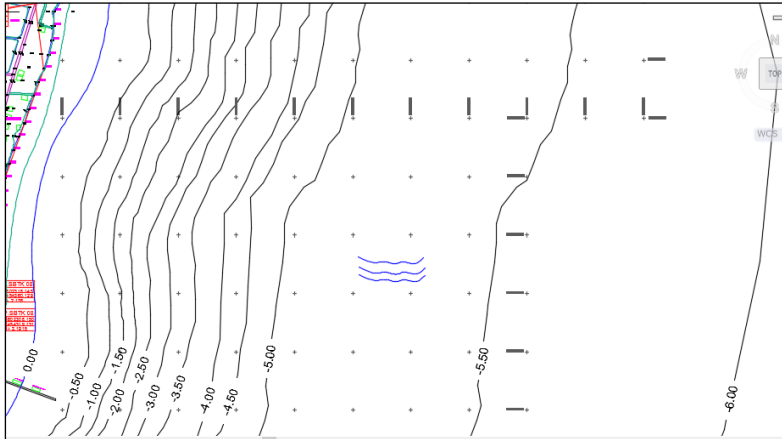
4.2 Peta Bathimetri dan Topografi

Peta bathimetri dan topografi daerah Desa Tanjung Aru seluas 1295 Ha dengan panjang 3700 km ke arah utara dan 3500 ke arah barat. Peta tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan 4.2.

Peta bathimetri adalah peta yang menunjukkan kedalam laut yang dapat memberi gambaran tentang kondisi dasar laut. Sedangkan peta topografi adalah gambaran bentuk permukaan tanah berupa situasi dan ketinggian serta posisi kenampakan yang berada di lokasi perencanaan.



Gambar 4.1 Peta Bathimetri dan Topografi
(Sumber: PT Gracia Widyakarsa, Semarang)



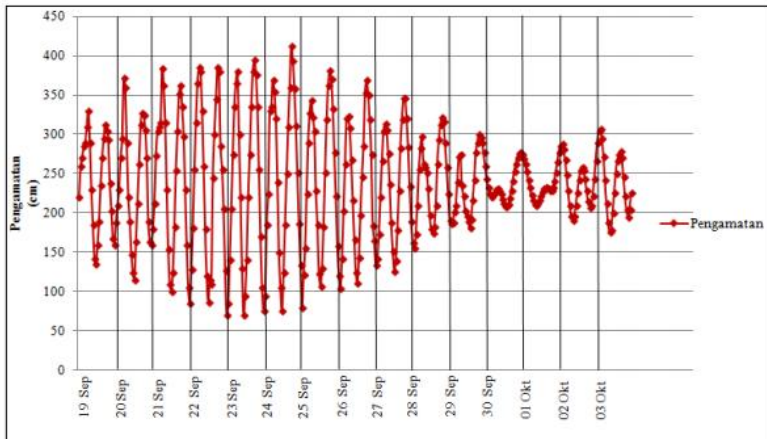
Gambar 4.2 Peta Bathimetri
(Sumber: PT Gracia Widyakarsa, Semarang)

Dari peta bathimetri dapat diketahui bahwa pantai di Desa Tanjung Aru, Nunukan, Kalimantan Utara memiliki kemiringan dasar senilai 0,0058. Sehingga dapat dikategorikan sebagai pantai yang memiliki kemiringan yang landai.

4.3 Analisis Data Pasang Surut

Analisis dari data pasang surut dibutuhkan untuk merencanakan elevasi dan kedalaman dari bangunan pengaman pantai. Pengamatan dilakukan pada tanggal 19 September sampai 3 Oktober 2010. Data pasang surut dianalisis menggunakan Metode *Admiralty*.

Gambar 4.3 adalah grafik hasil pengamatan pasang surut pada Pantai di Desa Tanjung Aru, Nunukan, Kalimantan Utara.



Gambar 4.3 Grafik Pasang Surut Pantai di Desa Tanjung Aru, Nunukan, Kalimantan Utara

Berdasarkan pada hasil analisis menggunakan Metode *Admiralty*, maka diperoleh nilai amplitudo (A) dan kelambatan fase (g°). Seperti pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Konstanta Harmonik Pengamatan Pasang Surut Pantai di Desa Tanjung Aru, Nunukan, Kalimantan Utara

Hasil Akhir										
	S0	M2	S2	N2	K1	O1	M4	MS4	K2	P1
Acm	238.530	38.253	61.653	81.657	25.671	62.840	4.527	1.619	64.403	8.472
g°		-24.133	194.924	389.024	281.250	367.399	394.292	88.983	194.924	281.250

(Sumber: Perhitungan)

Setelah konstanta pasang surut diketahui, tipe pasang surut dapat didefinisikan dengan menggunakan Bilangan Formzaal, sebagai berikut :

$$F = \frac{A(O_1) + A(K_1)}{A(M_2) + A(S_2)}$$

dimana,

$0.0 < f < 0.25$: pasut semidiurnal

$0.25 < f \leq 1.50$: campuran, dominan pasut semidiurnal

$1.5 < f \leq 3.0$: campuran, dominan pasut diurnal

$3.0 < f$: pasut diurnal.

Dengan menggunakan rumus diatas, pada lokasi perencanaan didapat harga,

$$F = \frac{238.53(62.84) + 238.53(25.671)}{238.53(38.253) + 238.53(61.653)}$$

$$F = 0.886$$

Dengan nilai $F = 0.886$ dapat dikategorikan dengan tipe pasang surut campuran cenderung ganda, artinya dalam sehari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut tetapi tinggi dan periodenya berbeda.

Setelah mendapat hasil komponen pasang surut maka ditentukan juga elevasi pasang surut, berupa HHWL (*Highest High Water Level*), MHWL (*Mean High Water Level*), MSL (*Mean Sea Level*), MLWL (*Mean Low Water Level*), dan LLWL (*Lowest Low Water Level*). Hasil perhitungan elevasi dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Elevasi Pasang Surut Pantai di Desa Tanjung Aru, Nunukan, Kalimantan Utara

Elevasi	<i>Calculation</i>	Hasil (cm)
HHWL	$S0+(M2+S2+K2+K1+O1+P1)$	499.822
MHWL	$S0+(M2+K1+O1)$	365.294
MSL	SO	238.530
MLWL	$S0-(M2+K1+O1)$	111.766
LLWL	$SO-(M2+S2+K2+K1+O1+P1)$	-22.761

(Sumber: Perhitungan)

4.4 Data Angin

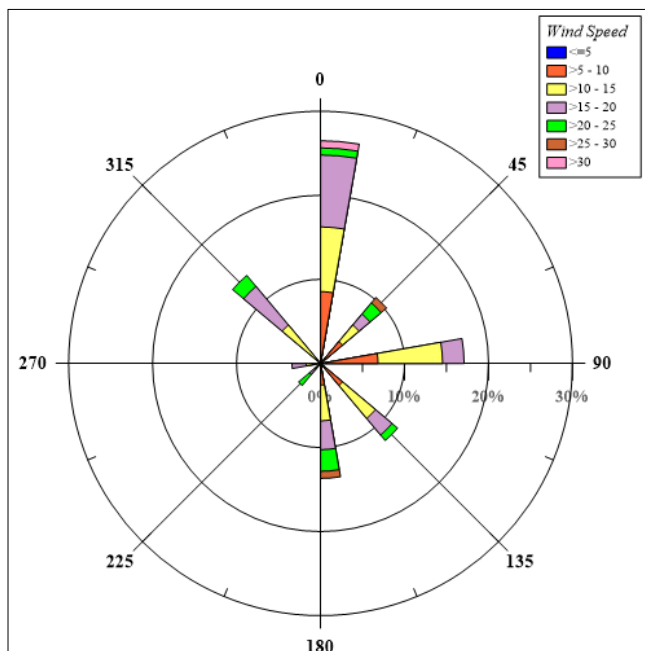
Kompenen data angin mencakup distribusi arah angin dalam derajat terhadap sumbu utara dan kecepatan angin dalam satuan knot. Data angin ditampilkan dalam bentuk diagram *windrose* agar data angin dapat dibaca dengan cepat dan mudah. Data angin digunakan untuk:

1. Mengetahui distribusi kecepatan dan arah angin pada suatu daerah
2. Perencanaan tipe dan letak bangunan yang akan digunakan
3. Sebagai salah satu faktor pembangkitan gelombang

Pada perencanaan bangunan pengaman pantai di Desa Tanjung Aru, Nunukan, Kalimantan Utara digunakan data angin dari beberapa sumber, yaitu

1. Data angin maksimum harian pada tahun 2006-2009 didapat dari PT Gracia Widyakarsa, Semarang
2. Data angin maksimum bulanan pada tahun 2010-2015 didapat dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika((BMKG) Tarakan
3. Data angin setiap tiga jam untuk analisis perubahan garis pantai pada tahun 2016 didapat dari *website www.ogimet.com*.

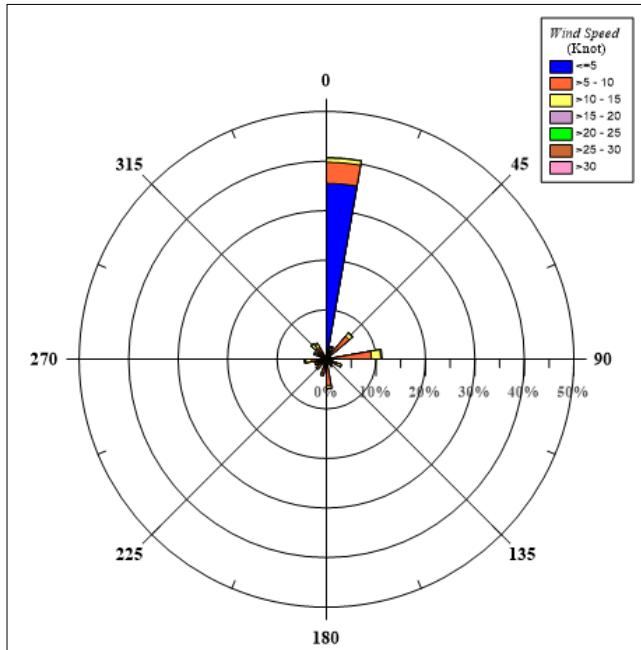
Dari ketiga sumber di atas data angin memiliki kesamaan tipikal yaitu arah angin dominan dari arah utara sehingga data dapat dipakai untuk keperluan selanjutnya. Gambar 4.5 dan gambar 4.6 merupakan penggambaran kondisi angin di lokasi perencanaan dengan menggunakan diagram *windrose*, sedangkan persentase kejadian angin di lokasi dapat dilihat pada Tabel 4.3.



Gambar 4.4 Windrose Pantai di Desa Tanjung Aru, Nunukan Kalimantan Utara Tahun 2006-2015
(Sumber: BMKG dan PT Gracia Widyakarsa, Semarang)

Tabel 4.3 Persentase Kejadian Angin Pada Tahun 2006-2015

Kecepatan Angin	Arah Angin								Total (%)
	U	TL	T	TG	S	BD	B	BL	
0-4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5-9	1.7	1.7	2.5	0.8	0.8	0	0	0	7.5
10-14	12.5	4.2	9.2	5	4.2	0.8	1.7	5.8	43.3
15 - 19	8.3	1.7	4.2	4.2	5	0.8	0.8	5	30
20 - 24	2.5	1.7	0.8	0	2.5	0.8	0	2.5	10.8
25 - 29	0	1.7	0	0.8	0	0.8	0	0	3.3
30	0.8	0	0	0	0.8	0	0	0	1.7
Total (%)	25.8	11	17	11	13	3.3	2.5	13	



Gambar 4.5 Windrose Pantai di Desa Tanjung Aru, Nunukan Kalimantan Utara Tahun 2016
(Sumber www.ogimet.com)

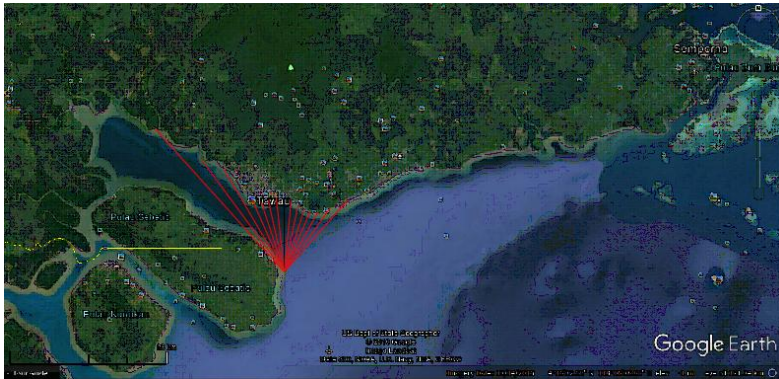
4.5 Analisis Gelombang

4.5.1 Panjang *Fetch*

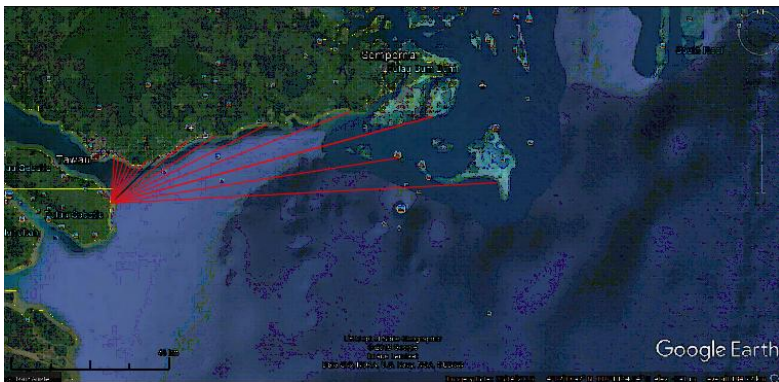
Pantai di Desa Tanung Aru, Nunukan, Kalimantan Utara terletak di sebelah utara Pulau Kalimantan. Pantai ini membujur dari arah selatan ke utara. Arah angin yang berpengaruh ada arah angin dari utara, timur laut, timur, tenggara, selatan, dan barat laut. Sedangkan arah barat dan barat daya tidak berpengaruh karena bukan merupakan daerah pembangkitan gelombang.

Perhitungan panjang *fetch* menggunakan *software* bantu dari Google Maps dan Autocad. Sehingga memiliki ketepatan yang akurat dalam menentukan *fetch* dengan menarik garis sampai menabrak suatu halangan berdasarkan masing-masing

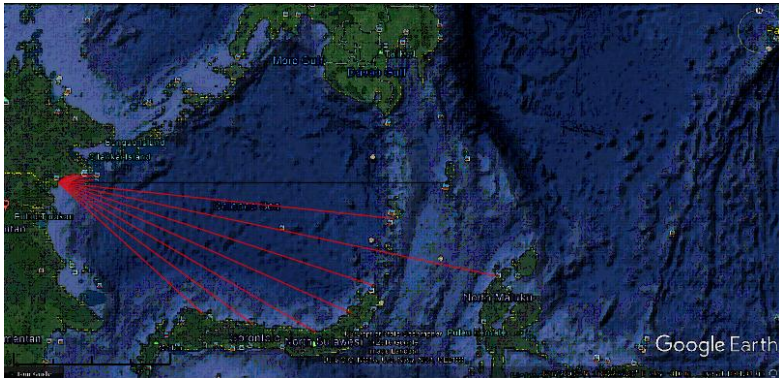
arah yang sudah ditentukan. Gambar 4.6-4.11 merupakan hasil dari penarikan garis terhadap masing-masing arah dengan menggunakan pertambahan sudut 6° sampai sudut sebesar 42° pada kedua sisi dari arah angin.



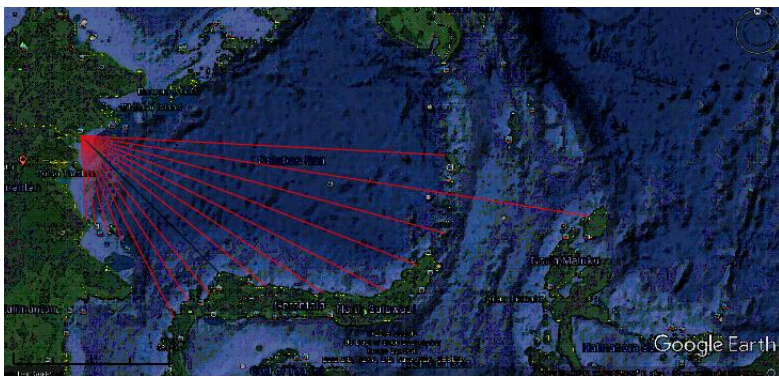
Gambar 4.6 *Fetch Efektif Arah Utara*



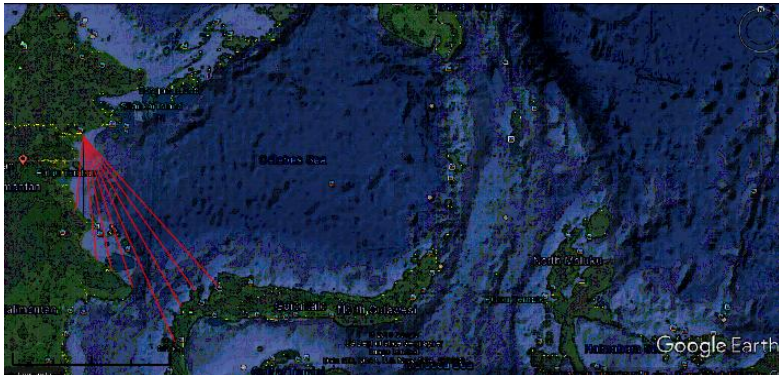
Gambar 4.7 *Fetch Efektif Arah Timur Laut*



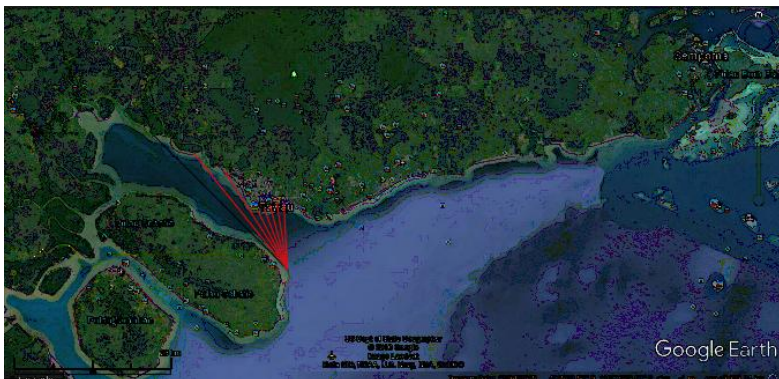
Gambar 4.8 *Fetch* Efektif Arah Timur



Gambar 4.9 *Fetch* Efektif Arah Tenggara



Gambar 4.10 *Fetch* Efektif Arah Selatan



Gambar 4.11 *Fetch* Efektif Arah Barat Laut

Berikut contoh perhitungan *fetch* dari arah utara:

1. Menentukan Sudut Deviasi (α) pada kedua sisi *fetch* utama, dengan pertambahan 6° sampai total sudut geser sebesar 42° pada kedua sisi *fetch* utama. Lalu mengukur panjang garis dari titik pantai sampai menabrak suatu halangan.
2. Besarnya $\cos \alpha$ dari tiap-tiap sudut baik dari arah kanan maupun dari arah kiri acuan 0° tiap arah angin adalah:

$$\cos 0^\circ = 1.000$$

$$\cos 6^\circ = 0.995$$

$$\cos 12^\circ = 0.978$$

$$\cos 18^\circ = 0.951$$

$$\cos 24^\circ = 0.914$$

$$\cos 30^\circ = 0.866$$

$$\cos 36^\circ = 0.809$$

$$\cos 42^\circ = 0.743$$

Lalu semua nilai cos dijumlahkan

3. Setelah didapatkan panjang garis yang ditarik tiap-tiap sudut sesuai perhitungan nomor satu, hasil dari pengukuran tersebut dikalikan dengan nilai $\cos \alpha$.
4. Nilai yang didapatkan pada nomor tiga dijumlahkan dalam tiap arah yang berpengaruh.
5. Hitung panjang *fetch* efektif menggunakan rumus:

$$F_{\text{eff}} = \frac{\sum(X_i \cdot \cos \alpha_i)}{\sum \cos \alpha_i}$$

Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Panjang *Fetch* Efektif dari Berbagai Arah

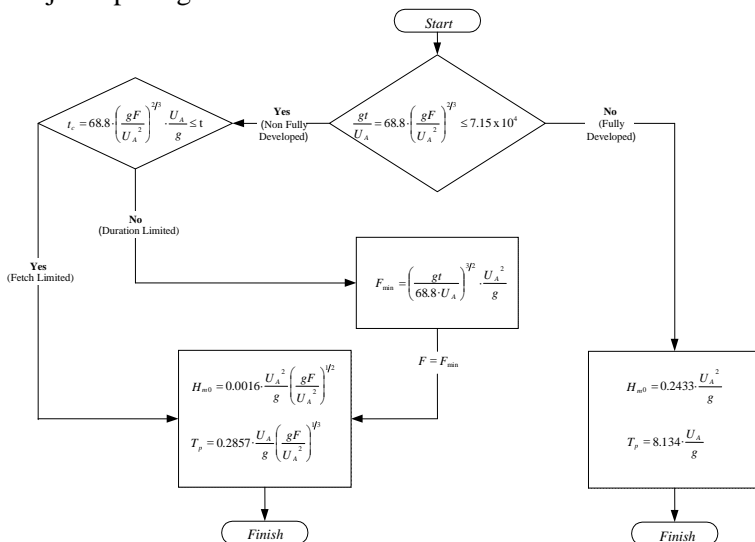
α	$\cos \alpha$	Xi (km)						Xi $\cos \alpha$					
		BL	U	TL	T	TG	S	BL	U	TL	T	TG	S
42	0.743	11.86	34.21	12.89	27.98	206.18	0.00	8.81	25.43	9.58	20.79	153.22	0.00
36	0.809	12.01	24.83	12.56	34.72	214.21	0.00	9.72	20.08	10.16	28.09	173.30	0.00
30	0.866	11.92	21.08	12.36	47.29	242.48	0.00	10.32	18.26	10.70	40.95	210.00	0.00
24	0.914	11.65	13.77	11.76	58.62	271.72	0.00	10.64	12.58	10.74	53.55	248.22	0.00
18	0.951	11.95	12.89	11.84	65.42	495.17	0.00	11.36	12.26	11.26	62.22	470.93	0.00
12	0.978	21.16	12.85	12.45	98.33	477.13	0.00	20.70	12.57	12.18	96.18	466.70	0.00
6	0.995	26.67	13.16	14.75	93.05	493.88	177.08	26.52	13.09	14.67	92.54	491.18	176.11
0	1.000	33.64	13.16	18.00	1044.47	471.80	196.15	33.64	13.16	18.00	1044.47	471.80	196.15
6	0.995	0.00	12.55	26.68	915.15	578.34	301.14	0.00	12.48	26.54	910.13	575.18	299.49
12	0.978	0.00	12.07	33.43	1202.40	702.33	383.22	0.00	11.81	32.70	1176.12	686.98	374.85
18	0.951	0.00	11.45	47.27	889.96	829.15	829.15	0.00	10.89	44.96	846.40	788.57	788.57
24	0.914	0.00	11.45	69.82	863.56	875.30	543.80	0.00	10.46	63.79	788.90	799.63	496.79
30	0.866	0.00	12.16	90.58	797.93	917.98	474.81	0.00	10.53	78.45	691.03	794.99	411.20
36	0.809	0.00	14.20	79.27	644.62	1249.67	461.89	0.00	11.49	64.13	521.50	1011.01	373.68
42	0.743	0.00	16.89	105.40	522.35	886.51	487.64	0.00	12.55	78.33	388.18	658.81	362.39
Total	13.511							131.72	207.63	486.17	6761.07	8000.51	3479.22
Panjang Fetch Efektif (km)								18.15	15.37	35.98	500.42	592.15	421.72

(Sumber: Perhitungan)

4.5.2 Tinggi dan Periode Gelombang pada Laut Dalam Berdasarkan Data Kecepatan dan Arah Angin Maksimum Tahun 2006-2015

Untuk menghitung tinggi gelombang digunakan analisis *hindcasting*, Inti dari proses *hindcasting* adalah untuk memperkirakan besar tinggi gelombang dan periodenya berdasarkan data angin. Sebenarnya akan lebih baik jika analisis gelombang dilakukan berdasarkan data gelombang. Akan tetapi data gelombang tidak tersedia di Indonesia, sehingga gelombang tersebut diprediksi berdasarkan data angin yang merupakan faktor utama pembentukan gelombang.

Metode yang digunakan dalam proses *hindcasting* ini mengikuti metode yang dijelaskan di dalam SPM (*Shore Protection Manual*, 1984). Bagan alir proses *hindcasting* tersebut disajikan pada gambar 4.13 berikut.



Gambar 4.12 Diagram Alir Proses *Hindcasting*
(Sumber: SPM 1984)

Di mana,

H_{m0} = tinggi gelombang signifikan menurut spektral energi (m)

- T_P = perioda puncak gelombang
 T_d = lama angin berhembus (detik)
 F = panjang fetch efektif (m)
 U_A = wind stress factor (ke. angin yang dimodifikasi)

Tabel 4.5 merupakan hasil dari analisis *hindcasting* gelombang Pantai di Desa Tanjung Aru, Nunukan, Kalimantan Utara dari tahun 2007-2015 dengan menggunakan data kecepatan dan arah angin maksimum bulanan. Selanjutnya tinggi dan periode gelombang akan digunakan dalam perhitungan periode ulang gelombang untuk kebutuhan perencanaan bangunan pengaman pantai. Gambar 4.13 merupakan *waverose* dari hasil perhitungan tinggi gelombang di laut dalam yang persentase tinggi gelombangnya dapat dilihat Pada Tabel 4.6.

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Tinggi dan Periode Gelombang di Laut Dalam

Tahun	Bulan	UL	Z	U(10)	Arah	RL	Uw	UA	g	Fetch	gd/UA		td	tc		Fmin	H	T
		(knot)	(m)	(m/s)			(m/s)	(m/s)	(m/s ²)	m	Hasil	Ket		Hasil	Ket	m	m	s
2006	Jan	9	4.626	10	4.626	T	1.426	7.228	9.81	35983.579	24588.552	Non Fully Developed	10800	18117.249	Duration Limited	16561.575	0.475	3.073
	Feb	8	4.112	10	4.112	TG	1.472	6.502	9.81	592151.547	183187.564	Fully Developed	10800	-	-	-	1.049	5.391
	Mar	12	6.168	10	6.168	U	1.317	9.337	9.81	15367.813	9911.528	Non Fully Developed	10800	9434.046	Fetch Limited	-	0.591	3.264
	Apr	9	4.626	10	4.626	T	1.426	7.228	9.81	500415.428	142194.845	Fully Developed	10800	-	-	-	1.296	5.993
	May	10	5.140	10	5.140	TL	1.388	7.959	9.81	35983.579	21623.599	Non Fully Developed	10800	17544.500	Duration Limited	17379.148	0.536	3.224
	Jun	10	5.140	10	5.140	U	1.388	7.134	9.81	15367.813	12263.086	Non Fully Developed	10800	9949.765	Fetch Limited	-	0.504	3.095
	Jul	18	9.252	10	9.252	U	1.157	10.705	9.81	18154.161	7044.459	Non Fully Developed	10800	9414.707	Fetch Limited	-	0.902	3.864
	Aug	10	5.140	10	5.140	U	1.388	7.134	9.81	15367.813	12263.086	Non Fully Developed	10800	9949.765	Fetch Limited	-	0.504	3.095
	Sep	12	6.168	10	6.168	T	1.317	8.123	9.81	500415.428	101069.397	Fully Developed	10800	-	-	-	2.162	7.742
	Oct	12	6.168	10	6.168	S	1.317	8.123	9.81	421724.641	90174.803	Fully Developed	10800	-	-	-	2.162	7.742
	Nov	15	7.710	10	7.710	TG	1.229	9.476	9.81	592151.547	87837.026	Fully Developed	10800	-	-	-	3.158	9.357
	Dec	10	5.140	10	5.140	TL	1.388	7.134	9.81	35983.579	21623.599	Non Fully Developed	10800	17544.500	Duration Limited	17379.148	0.536	3.224

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Tinggi dan Periode Gelombang di Laut Dalam (Lanjutan)

2007	Jan	10	5.140	10	5.140	1.388	7.134	7.959	9.81	15367.813	12263.086	Non Fully Developed	10800	9949.765	Fetch Limited	-	0.504	3.095
	Feb	10	5.140	10	5.140	1.388	7.134	7.959	9.81	15367.813	12263.086	Non Fully Developed	10800	9949.765	Fetch Limited	-	0.504	3.095
	Mar	10	5.140	10	5.140	T	1.388	7.134	7.959	9.81	500415.428	Fully Developed	10800	-	-	-	1.571	6.600
	Apr	10	5.140	10	5.140	T	1.388	7.134	7.959	9.81	500415.428	Fully Developed	10800	-	-	-	1.571	6.600
	May	15	7.710	10	7.710	TL	1.229	9.476	11.285	9.81	35983.579	Non Fully Developed	10800	15617.337	Duration Limited	20693.288	0.829	3.839
	Jun	15	7.710	10	7.710	T	1.229	9.476	11.285	9.81	500415.428	Fully Developed	10800	-	-	-	3.158	9.357
	Jul	8	4.112	10	4.112	U	1.472	6.053	6.502	9.81	15367.813	Non Fully Developed	10800	10643.474	Fetch Limited	-	0.412	2.893
	Aug	10	5.140	10	5.140	T	1.388	7.134	7.959	9.81	500415.428	Fully Developed	10800	-	-	-	1.571	6.600
	Sep	10	5.140	10	5.140	S	1.388	7.134	7.959	9.81	421724.641	Fully Developed	10800	-	-	-	1.571	6.600
	Oct	15	7.710	10	7.710	U	1.229	9.476	11.285	9.81	15367.813	Non Fully Developed	10800	8856.840	Fetch Limited	-	0.715	3.477
	Nov	8	4.112	10	4.112	TL	1.472	6.053	6.502	9.81	35983.579	Non Fully Developed	10800	18767.723	Duration Limited	15708.062	0.416	2.914
	Dec	13	6.682	10	6.682	T	1.284	8.580	9.987	9.81	500415.428	Fully Developed	10800	-	-	-	2.474	8.281

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Tinggi dan Periode Gelombang di Laut Dalam (Lanjutan)

2008	Jan	15	7.710	10	7.710	TG	1.229	9.476	11.285	9.81	592151.547	87837.026	Fully Developed	10800	-	-	3.158	9.357
	Feb	10	5.140	10	5.140	U	1.388	7.134	7.959	9.81	15367.813	12263.086	Non Fully Developed	10800	Fetch Limited	-	0.504	3.095
	Mar	20	10.280	10	10.280	TL	1.121	11.524	14.356	9.81	35983.579	9849.276	Non Fully Developed	10800	Duration Limited	23339.947	1.120	4.330
	Apr	25	12.850	10	12.850	TG	1.047	13.454	17.368	9.81	592151.547	49430.864	Non Fully Developed	10800	Duration Limited	25671.975	1.422	4.763
	May	10	5.140	10	5.140	U	1.388	7.134	7.959	9.81	15367.813	12263.086	Non Fully Developed	10800	Fetch Limited	-	0.504	3.095
	Jun	14	7.196	10	7.196	TL	1.258	9.053	10.668	9.81	35983.579	14632.565	Non Fully Developed	10800	Duration Limited	20120.154	0.773	3.733
	Jul	17	8.738	10	8.738	TG	1.183	10.337	12.559	9.81	592151.547	76155.481	Fully Developed	10800	-	-	3.912	10.414
	Aug	17	8.738	10	8.738	TG	1.183	10.337	12.559	9.81	592151.547	76155.481	Fully Developed	10800	-	-	3.912	10.414
	Sep	10	5.140	10	5.140	TL	1.388	7.134	7.959	9.81	35983.579	21623.599	Non Fully Developed	10800	Duration Limited	17379.148	0.536	3.224
	Oct	15	7.710	10	7.710	U	1.229	9.476	11.285	9.81	15367.813	7699.522	Non Fully Developed	10800	Fetch Limited	-	0.715	3.477
	Nov	10	5.140	10	5.140	TG	1.388	7.134	7.959	9.81	592151.547	139898.691	Fully Developed	10800	-	-	1.571	6.600
	Dec	12	6.168	10	6.168	S	1.317	8.123	9.337	9.81	421724.641	90174.803	Fully Developed	10800	-	-	2.162	7.742

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Tinggi dan Periode Gelombang di Laut Dalam (Lanjutan)

2009	Jan	10	5.140	10	5.140	TG	1.388	7.134	7.959	9.81	592151.547	139898.691	Fully Developed	10800	-	-	-	1.571	6.600
	Feb	16	8.224	10	8.224	U	1.206	9.918	11.936	9.81	15367.813	7144.176	Non Fully Developed	10800	8692.624	Fetch Limited	-	0.756	3.542
	Mar	10	5.140	10	5.140	T	1.388	7.134	7.959	9.81	500415.428	125048.609	Fully Developed	10800	-	-	-	1.571	6.600
	Apr	10	5.140	10	5.140	U	1.388	7.134	7.959	9.81	15367.813	12263.086	Non Fully Developed	10800	9949.765	Fetch Limited	-	0.504	3.095
	May	25	12.850	10	12.850	TL	1.047	13.454	17.368	9.81	35983.579	7640.337	Non Fully Developed	10800	13526.553	Duration Limited	25671.975	1.422	4.763
	Jun	15	7.710	10	7.710	S	1.229	9.476	11.285	9.81	421724.641	70050.036	Non Fully Developed	10800	80579.284	Duration Limited	20693.288	0.829	3.839
	Jul	15	7.710	10	7.710	S	1.229	9.476	11.285	9.81	421724.641	70050.036	Non Fully Developed	10800	80579.284	Duration Limited	20693.288	0.829	3.839
	Aug	12	6.168	10	6.168	TG	1.317	8.123	9.337	9.81	592151.547	113071.840	Fully Developed	10800	-	-	-	2.162	7.742
	Sep	20	10.280	10	10.280	T	1.121	11.524	14.356	9.81	500415.428	56958.061	Non Fully Developed	10800	83351.030	Duration Limited	23339.947	1.120	4.330
	Oct	10	5.140	10	5.140	S	1.388	7.134	7.959	9.81	421724.641	1111569.218	Fully Developed	10800	-	-	-	1.571	6.600
	Nov	12	6.168	10	6.168	S	1.317	8.123	9.337	9.81	421724.641	90174.803	Fully Developed	10800	-	-	-	2.162	7.742
	Dec	8	4.112	10	4.112	S	1.472	6.053	6.502	9.81	421724.641	146092.098	Fully Developed	10800	-	-	-	1.049	5.391

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Tinggi dan Periode Gelombang di Laut Dalam (Lanjutan)

2010	Jan	12	6.168	20	5.587	U	1.397	7.804	8.889	9.81	15367.813	10584.399	Non Fully Developed	10800	9590.238	Fetch Limited	-	0.563	3.211
	Feb	14	7.196	20	6.518	TL	1.299	8.466	9.825	9.81	35983.579	16330.698	Non Fully Developed	10800	16355.363	Duration Limited	19308.552	0.697	3.582
	Mar	13	6.682	20	6.052	T	1.335	8.079	9.276	9.81	500415.428	101969.020	Fully Developed	10800	-	-	-	2.134	7.691
	Apr	10	5.140	20	4.655	T	1.432	6.667	7.322	9.81	500415.428	139758.448	Fully Developed	10800	-	-	-	1.330	6.071
	May	9	4.626	20	4.190	T	1.471	6.163	6.649	9.81	592151.547	177834.863	Fully Developed	10800	-	-	-	1.096	5.513
	Jun	12	6.168	20	5.587	TG	1.397	7.804	8.889	9.81	592151.547	120748.030	Fully Developed	10800	-	-	-	1.959	7.370
	Jul	11	5.654	20	5.121	BL	1.398	7.159	7.993	9.81	18154.161	13626.130	Non Fully Developed	10800	11102.941	Duration Limited	17416.254	0.539	0.267
	Aug	18	9.252	20	8.380	U	1.2	10.056	12.140	9.81	15367.813	6984.597	Non Fully Developed	10800	8643.670	Fetch Limited	-	0.769	3.562
	Sep	17	8.738	20	7.914	TL	1.22	9.655	11.548	9.81	35983.579	13164.591	Non Fully Developed	10800	15497.472	Duration Limited	20933.831	0.854	3.884
	Oct	25	12.850	20	11.639	BD	1.07	12.453	15.793	9.81	0.000	0.000	Non Fully Developed	10800	-	-	-	0.000	0.000
	Nov	8	4.112	20	3.724	T	1.519	5.657	5.984	9.81	500415.428	182937.311	Fully Developed	10800	-	-	-	0.888	4.961
	Dec	21	10.794	20	9.776	TL	1.141	11.155	13.792	9.81	35983.579	10389.284	Non Fully Developed	10800	14606.811	Duration Limited	22877.411	1.066	4.244

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Tinggi dan Periode Gelombang di Laut Dalam (Lanjutan)

2011	Jan	16	8.224	20	7.449	BL	1.25	9.311	11.044	9.81	18154.161	8855.215	Non Fully Developed	10800	9968.842	Fetch Limited	-	0.760	3.649
	Feb	19	9.766	20	8.845	T	1.18	10.437	12.710	9.81	500415.428	67001.144	Non Fully Developed	10800	86804.597	Duration Limited	21961.006	0.962	4.074
	Mar	11	5.654	20	5.121	B	1.398	7.159	7.993	9.81	0.000	0.000	Non Fully Developed	10800	0.000	Fetch Limited	-	0.000	0.000
	Apr	14	7.196	20	6.518	TG	1.299	8.466	9.825	9.81	592151.547	105655.088	Fully Developed	10800	-	-	-	2.394	8.146
	May	19	9.766	20	8.845	S	1.18	10.437	12.710	9.81	421724.641	59778.876	Non Fully Developed	10800	77447.651	Duration Limited	21961.006	0.962	4.074
	Jun	16	8.224	20	7.449	S	1.25	9.311	11.044	9.81	421724.641	72094.303	Fully Developed	10800	-	-	-	3.025	9.157
	Jul	23	11.822	20	10.707	S	1.079	11.553	14.401	9.81	421724.641	50605.920	Non Fully Developed	10800	74288.509	Duration Limited	23376.643	1.125	4.337
	Aug	19	9.766	20	8.845	BD	1.18	10.437	12.710	9.81	0.000	0.000	Non Fully Developed	10800	-	-	-	0.000	0.000
	Sep	21	10.794	20	9.776	S	1.141	11.155	13.792	9.81	421724.641	53604.598	Non Fully Developed	10800	75365.368	-	22877.411	1.066	4.244
	Oct	12	6.168	20	5.587	TG	1.397	7.804	8.889	9.81	592151.547	120748.030	Fully Developed	10800	-	-	-	1.959	7.370
	Nov	18	9.252	20	8.380	S	1.2	10.056	12.140	9.81	421724.641	63545.674	Non Fully Developed	10800	78639.874	Duration Limited	21463.493	0.909	3.982
	Dec	18	9.252	20	8.380	B	1.2	10.056	12.140	9.81	0.000	0.000	Non Fully Developed	10800	-	-	-	0.000	0.000

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Tinggi dan Periode Gelombang di Laut Dalam (Lanjutan)

[illegible]

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Tinggi dan Periode Gelombang di Laut Dalam (Lanjutan)

2013	Jan	21	10.794	20	9.776	BL	1.141	11.155	13.792	9.81	18154.161	6584.157	Non Fully Developed	10800	9256.994	Fetch Limited	-	0.949	3.929
	Feb	18	9.252	20	8.380	BL	1.2	10.056	12.140	9.81	18154.161	7805.202	Non Fully Developed	10800	9659.195	Fetch Limited	-	0.836	3.766
	Mar	11	5.654	20	5.121	T	1.398	7.159	7.993	9.81	500415.428	124339.425	Fully Developed	10800	-	-	-	1.585	6.628
	Apr	16	8.224	20	7.449	T	1.25	9.311	11.044	9.81	500415.428	80804.477	Fully Developed	10800	-	-	-	3.025	9.157
	May	16	8.224	20	7.449	TG	1.25	9.311	11.044	9.81	592151.547	90400.370	Fully Developed	10800	-	-	-	3.025	9.157
	Jun	18	9.252	20	8.380	U	1.2	10.056	12.140	9.81	15367.813	6984.597	Non Fully Developed	10800	8643.670	Fetch Limited	-	0.769	3.562
	Jul	19	9.766	20	8.845	BL	1.18	10.437	12.710	9.81	18154.161	7342.533	Non Fully Developed	10800	9512.757	Fetch Limited	-	0.875	3.824
	Aug	22	11.308	20	10.242	BD	1.121	11.481	14.290	9.81	0.000	0.000	Non Fully Developed	10800	-	-	-	0.000	0.000
	Sep	17	8.738	20	7.914	S	1.22	9.655	11.548	9.81	421724.641	67924.084	Non Fully Developed	10800	79960.824	Duration Limited	20933.831	0.854	3.884
	Oct	21	10.794	20	9.776	S	1.141	11.155	13.792	9.81	421724.641	53604.598	Non Fully Developed	10800	75365.368	Duration Limited	22877.411	1.066	4.244
	Nov	12	6.168	20	5.587	BL	1.397	7.804	8.889	9.81	18154.161	11827.935	Non Fully Developed	10800	10716.973	Fetch Limited	-	0.612	3.394
	Dec	14	7.196	20	6.518	B	1.299	8.466	9.825	9.81	0.000	0.000	Non Fully Developed	10800	-	-	-	0.000	0.000

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Tinggi dan Periode Gelombang di Laut Dalam (Lanjutan)

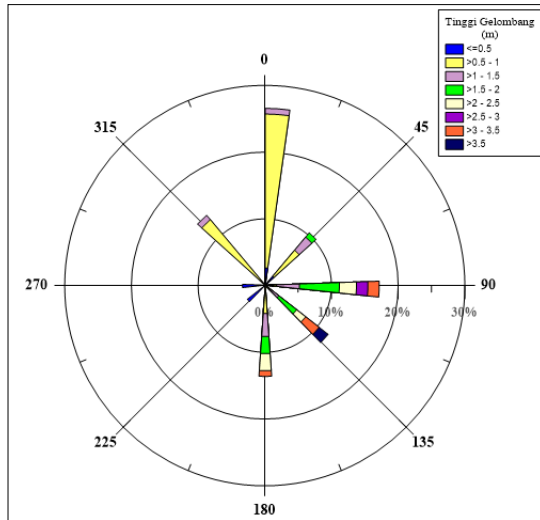
2014	Jan	19	9.766	20	8.845	BL	1.18	10.437	12.710	9.81	18154.161	7342.533	Non Fully Developed	10800	9512.757	Fetch Limited	-	0.875	3.824
	Feb	15	7.710	20	6.983	T	1.274	8.897	10.442	9.81	592151.547	97407.383	Fully Developed	10800	-	-	-	2.704	8.658
	Mar	11	5.654	20	5.121	T	1.398	7.159	7.993	9.81	500415.428	124339.425	Fully Developed	10800	-	-	-	1.585	6.628
	Apr	20	10.280	20	9.311	BL	1.164	10.838	13.312	9.81	18154.161	6902.973	Non Fully Developed	10800	9367.074	Fetch Limited	-	0.916	3.883
	May	12	6.168	20	5.587	BL	1.397	7.804	8.889	9.81	18154.161	11827.935	Non Fully Developed	10800	10716.973	Fetch Limited	-	0.612	3.394
	Jun	35	17.990	20	16.294	U	0.984	16.033	21.549	9.81	15367.813	3249.840	Non Fully Developed	10800	7138.852	Fetch Limited	-	1.365	4.313
	Jul	12	6.168	20	5.587	BL	1.397	7.804	8.889	9.81	18154.161	11827.935	Non Fully Developed	10800	10716.973	Fetch Limited	-	0.612	3.394
	Aug	12	6.168	20	5.587	BL	1.397	7.804	8.889	9.81	18154.161	11827.935	Non Fully Developed	10800	10716.973	Fetch Limited	-	0.612	3.394
	Sep	20	10.280	20	9.311	U	1.164	10.838	13.312	9.81	15367.813	6177.225	Non Fully Developed	10800	8382.262	Fetch Limited	-	0.843	3.674
	Oct	12	6.168	20	5.587	BL	1.397	7.804	8.889	9.81	18154.161	11827.935	Non Fully Developed	10800	10716.973	Fetch Limited	-	0.612	3.394
	Nov	13	6.682	20	6.052	BD	1.33	8.049	9.233	9.81	0.000	0.000	Non Fully Developed	10800	-	-	-	0.000	0.000
	Dec	30	15.420	20	13.966	S	1.022	14.274	18.678	9.81	421724.641	35777.650	Non Fully Developed	10800	68119.942	Duration Limited	26622.768	1.557	4.939

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Tinggi dan Periode Gelombang di Laut Dalam (Lanjutan)

2015	Jan	17.495	8.992	20	8.144	U	1.22	9.936	11.963	9.81	15367.813	7122.861	Non Fully Developed	10800	8686.133	Fetch Limited	-	0.758	3.545
	Feb	11.08	5.695	20	5.158	U	1.398	7.211	8.065	9.81	15367.813	12049.687	Non Fully Developed	10800	9906.193	Fetch Limited	-	0.511	3.108
	Mar	12.052	6.195	20	5.611	U	1.397	7.838	8.936	9.81	15367.813	10509.881	Non Fully Developed	10800	9573.314	Fetch Limited	-	0.566	3.216
	Apr	12.052	6.195	20	5.611	U	1.397	7.838	8.936	9.81	15367.813	10509.881	Non Fully Developed	10800	9573.314	Fetch Limited	-	0.566	3.216
	May	13.024	6.694	20	6.063	U	1.33	8.064	9.254	9.81	15367.813	10031.432	Non Fully Developed	10800	9462.450	Fetch Limited	-	0.586	3.254
	Jun	19.05	9.792	20	8.868	U	1.18	10.465	12.750	9.81	15367.813	6542.520	Non Fully Developed	10800	8503.527	Fetch Limited	-	0.807	3.621
	Jul	16.911	8.692	20	7.873	U	1.22	9.605	11.474	9.81	15367.813	7530.097	Non Fully Developed	10800	8807.710	Fetch Limited	-	0.727	3.496
	Aug	18.078	9.292	20	8.416	U	1.2	10.099	12.205	9.81	15367.813	6935.424	Non Fully Developed	10800	8628.417	Fetch Limited	-	0.773	3.569
	Sep	20.022	10.291	20	9.321	U	1.164	10.849	13.329	9.81	15367.813	6166.324	Non Fully Developed	10800	8378.561	Fetch Limited	-	0.844	3.675
	Oct	9.9136	5.096	20	4.615	U	1.432	6.609	7.245	9.81	15367.813	13902.108	Non Fully Developed	10800	10266.751	Fetch Limited	-	0.459	2.999
	Nov	8.9417	4.596	20	4.163	U	1.471	6.123	6.596	9.81	15367.813	15755.590	Non Fully Developed	10800	10593.062	Fetch Limited	-	0.418	2.907
	Dec	12.052	6.195	20	5.611	U	1.397	7.838	8.936	9.81	15367.813	10509.881	Non Fully Developed	10800	9573.314	Fetch Limited	-	0.566	3.216

(Sumber: Perhitungan)

Dari Tabel 4.5 di atas dapat disimpulkan bahwa tinggi gelombang maksimum adalah 3.912 m dengan periode 10.414 detik terjadi pada Bulan Juli dan Agustus tahun 2008.



Gambar 4.13 Waverose Pantai di Desa Tanjung Aru, Nunukan Kalimantan Utara Tahun 2006-2015

Tabel 4.6 Persentase Tinggi Gelombang yang Terjadi Pada Tahun 2006-2015

Kecepatan Angin	Arah Angin								Total (%)
	U	TL	T	TG	S	BD	B	BL	
≤ 0.5	2.50	1.67	0	0	0	0	0	0	4.17
$>0.5-1$	22.50	5.83	1.67	0	4.17	0	0	12.50	46.67
$>1-1.5$	0.83	2.50	3.33	1.67	3.33	0	0	0.83	12.50
$>1.5-2$	0	0.83	5.83	3.33	2.50	0	0	0	12.50
$>2-2.5$	0	0	2.50	1.67	2.50	0	0	0	6.67
$>2.5-3$	0	0	1.67	0.00	0.00	0	0	0	1.67
≥ 3	0	0	1.67	4.17	0.83	0	0	0	6.67
Total (%)	25.83	10.83	16.67	10.83	13.33	0	0	13.33	

4.5.3 Perkiraan Gelombang dengan Periode Ulang

Frekuensi gelombang merupakan faktor yang mempengaruhi perencanaan bangunan pantai. Untuk menetapkan gelombang dengan periode ulang tertentu dibutuhkan data gelombang dengan jangka waktu pengukuran yang cukup panjang (beberapa tahun). Periode ulang adalah suatu interval rata-rata yang dinyatakan dalam satuan waktu (tahun) antara peristiwa terjadinya gelombang yang tertentu besarnya dengan suatu gelombang yang bernilai sama atau melampauinya. Data untuk menetapkan gelombang dengan periode ulang tertentu tersebut bisa merupakan data pengukuran langsung gelombang atau data gelombang hasil *hindcasting*. Di dalam tugas akhir ini data gelombang yang dipakai adalah data gelombang hasil *hindcasting* yang telah dilaksanakan pada tahap sebelumnya.

Dari setiap tahun pencatatan dapat ditentukan besarnya gelombang representatif misalnya H_s , $H_{rata-rata}$, H_{max} , dan sebagainya. Berdasarkan data representatif untuk beberapa tahun pengamatan tersebut dapat diperkirakan gelombang yang akan disamai atau dilampaui satu kali di dalam kurun waktu T tahun. Gelombang tersebut dikenal sebagai gelombang dengan periode ulang T tahun atau gelombang T tahunan.

Untuk mendapatkan nilai tinggi gelombang berdasarkan periode ulang mendekati akurat maka dipakai beberapa alternatif. Alternatif tersebut berupa analisis statik dengan menggunakan Metode Weibull dan Metode Fisser – Tippet *type* 1. Dalam perencanaan struktur pengaman pantai pada Pantai di Desa Tanjung Aru, Nunukan, Kalimantan Utara ini menggunakan umur rencana 50 tahun.

Tabel 4.7 merupakan tabel dari nilai H signifikan (H_{33}) yang sudah diurutkan per tahun berdasarkan tinggi gelombang dari analisis *hindcasting*. Tabel 4.8 sampai Tabel 4.11 merupakan hasil perhitungan tinggi gelombang berdasarkan periode ulang menggunakan Metode Fisher Tippet *Type* I dan Metode Weibull.

Tabel 4.7 Tinggi Gelombang Signifikan yang Sudah Diurutkan

Tahun	H ₃₃
2008	3.286
2006	2.195
2007	2.194
2013	2.146
2011	2.035
2009	1.867
2012	1.784
2014	1.642
2010	1.630
2015	0.796

(Sumber: Perhitungan)

Tabel 4.8 Perhitungan Periode Ulang Metode Fisser – Tippet
Type 1

No	H _{sm}	P	Y _m	H _{sm} .Y _m	Y _m ²	(H _{sm} -H _{smrata2}) ²
1	3.286	0.945	2.866	9.418	8.214	1.766
2	2.195	0.846	1.787	3.923	3.194	0.056
3	2.194	0.747	1.232	2.703	1.518	0.056
4	2.146	0.648	0.836	1.794	0.699	0.036
5	2.035	0.549	0.513	1.043	0.263	0.006
6	1.867	0.451	0.227	0.423	0.051	0.008
7	1.784	0.352	-0.044	-0.078	0.002	0.030
8	1.642	0.253	-0.318	-0.522	0.101	0.099
9	1.630	0.154	-0.626	-1.020	0.392	0.107
10	0.796	0.055	-1.063	-0.845	1.129	1.350
Jumlah	19.573	5.000	5.410	16.837	15.564	3.514
Rata-rata	1.957		0.984			

(Sumber: Perhitungan)

Tabel 4.9 Tinggi Gelombang Metode Fisser – Tippet *Type 1*

Periode Ulang Tahun	y_r	H_{sr} m	τ_{nr}	τ_r	$H_{sr}-1.28\tau_r$ m	$H_{sr}+1.28\tau_r$ m
2	0.367	1.612	0.337	0.211	1.343	1.882
5	1.500	2.246	0.571	0.357	1.789	2.703
10	2.250	2.665	0.780	0.488	2.041	3.289
25	3.199	3.195	1.062	0.664	2.346	4.045
50	3.902	3.588	1.277	0.798	2.567	4.609
100	4.600	3.978	1.492	0.932	2.785	5.172

(Sumber: Perhitungan)

Tabel 4.10 Perhitungan Periode Ulang Metode Weibull

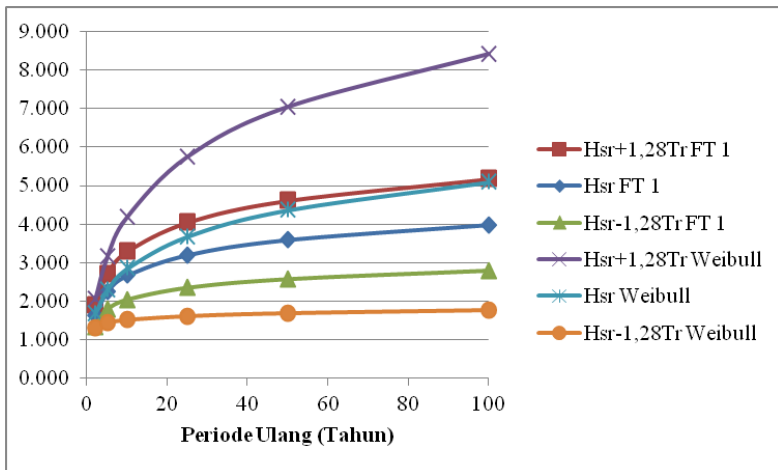
No	H_{sm}	P	Y_m	$H_{sm} \cdot Y_m$	Y_m^2	$(H_{sm}-H_{smrata2})^2$
1	3.286	0.955	4.534	14.898	20.553	1.766
2	2.195	0.860	2.460	5.398	6.050	0.056
3	2.194	0.764	1.633	3.582	2.667	0.056
4	2.146	0.669	1.142	2.450	1.303	0.036
5	2.035	0.573	0.807	1.641	0.651	0.006
6	1.867	0.478	0.562	1.049	0.316	0.008
7	1.784	0.382	0.377	0.673	0.142	0.030
8	1.642	0.286	0.235	0.386	0.055	0.099
9	1.630	0.191	0.126	0.206	0.016	0.107
10	0.796	0.095	0.047	0.037	0.002	1.350
Jumlah	19.573	5.253	11.921	30.319	31.754	3.514
Rata-rata	1.957		1.192			

(Sumber: Perhitungan)

Tabel 4.11 Tinggi Gelombang Metode Weibull

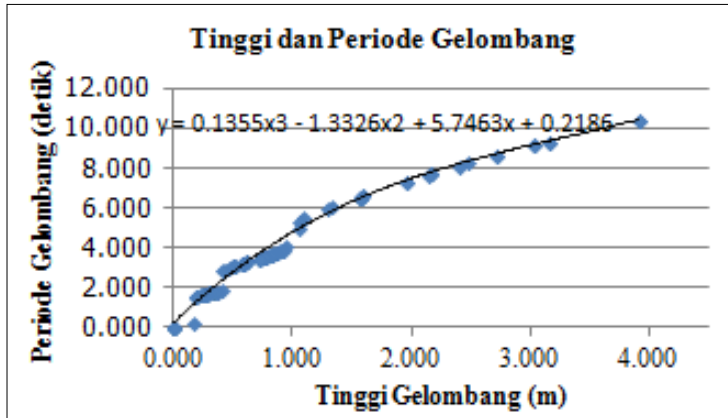
Periode Ulang Tahun	y_r	H_{sr} m	τ_{nr}	τ_r	$H_{sr}-1.28\tau_r$ m	$H_{sr}+1.28\tau_r$ m
2	0.613	1.678	0.458	0.286	1.311	2.044
5	1.886	2.293	1.067	0.667	1.439	3.147
10	3.041	2.851	1.674	1.046	1.513	4.190
25	4.753	3.679	2.588	1.617	1.609	5.749
50	6.164	4.361	3.347	2.091	1.685	7.038
100	7.662	5.085	4.153	2.595	1.764	8.407

(Sumber: Perhitungan)



Gambar 4.14 Grafik Tinggi Gelombang Metode Fisser Tippet Type 1 dan Weibull

Dari hasil penentuan periode ulang gelombang menggunakan Metode Fisser – Tippet *type* 1 dan Metode Weibull yang dapat dilihat pada Gambar 4.14, bahwa tinggi gelombang signifikan dari 2 tahun sampai 100 tahun kedepan semakin tinggi. Data ini menjadi lebih akurat karena telah diuji dengan selang kepercayaan 80 %. Dimana nilai dari gelombang signifikan berada pada interval selang kepercayaan yang ditentukan (Nilai $H_s - 1.28\sigma$ dan Nilai $H_s + 1.28\sigma$). Sehingga data tersebut dapat digunakan sebagai acuan dalam pembangunan struktur pengaman pantai. Tinggi gelombang periode ulang 50 tahunan yang digunakan adalah tinggi gelombang dengan menggunakan analisis statik Metode Weibull yaitu sebesar 4.361 m. Untuk mengetahui periode gelombang, digunakan grafik hubungan antara beberapa sampel tinggi dan periode gelombang seperti pada gambar 4.15.



Gambar 4.15 Grafik Hubungan Tinggi dan Periode Gelombang

Dari grafik pada Gambar 4.15, didapatkan persamaan yang mewakili perbandingan tinggi gelombang (H) dan periode gelombang (T), yaitu:

$$y = 0.1355x^3 - 1.3326x^2 + 5.7463x + 0.2186$$

Jika y adalah periode gelombang, dan x adalah tinggi gelombang, maka periode untuk ketinggian gelombang 4.361 m adalah:

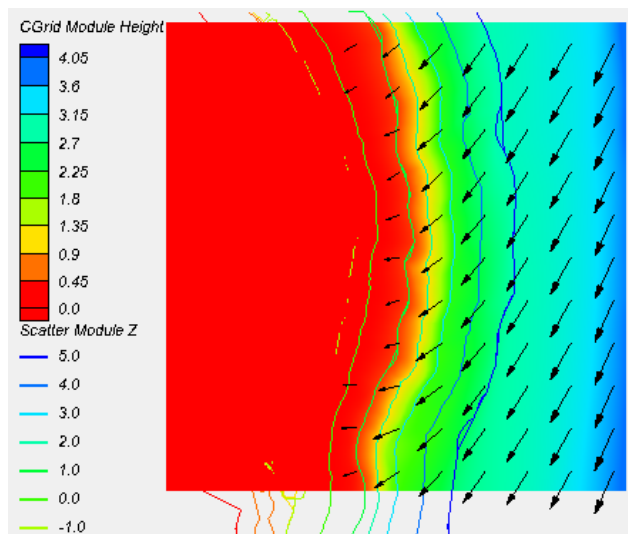
$$\begin{aligned} y &= 0.1355(4.361)^3 - 1.3326(4.361)^2 + 5.7463(4.361) \\ &\quad + 0.2186 \\ &= 11.173 \text{ detik} \end{aligned}$$

4.5.4 Tinggi Gelombang di Laut Dangkal Berdasarkan Periode Ulang 50 Tahun

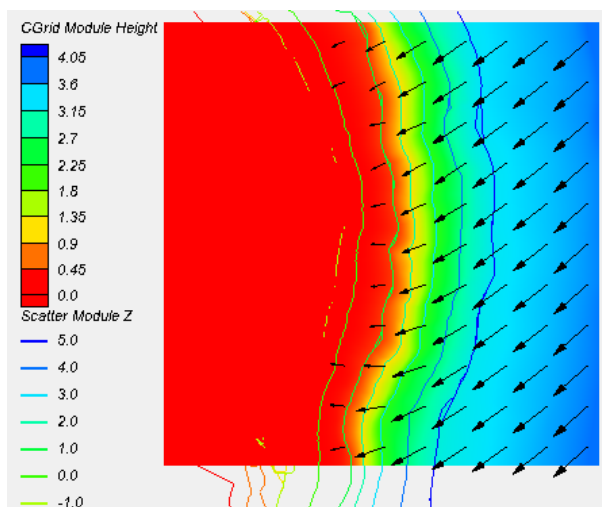
Pergerakan gelombang dari laut dalam ke laut dangkal akan mengalami refraksi dan pendangkalan. Refraksi terjadi karena adanya pengaruh perubahan kedalaman laut. Gelombang yang datang akan mengalami pengurangan kecepatan dan panjang gelombang. Refraksi dan pendangkalan gelombang akan mempengaruhi tinggi dan arah gelombang.

Pada tugas akhir ini, analisis frekuensi dan pendangkalan gelombang menggunakan permodelan gelombang. Tinggi gelombang dari arah yang berpengaruh pada pantai di Desa Tanjung Aru, Nunukan, Kalimantan Utara memiliki ketinggian yang sama yaitu tinggi gelombang berdasarkan periode ulang 50 tahunan.

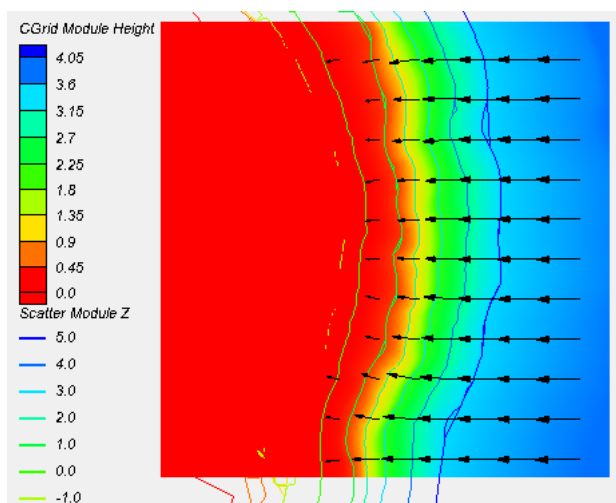
Gambar 4.16 sampai gambar 4.21 merupakan hasil permodelan dari masing-masing arah yang berpengaruh pada pantai di Desa Tanjung Aru. Untuk keperluan perencanaan bangunan pantai, diambil tinggi gelombang yang paling tinggi agar mencapai titik aman. Dari hasil permodelan tinggi gelombang paling tinggi berasal dari arah Timur



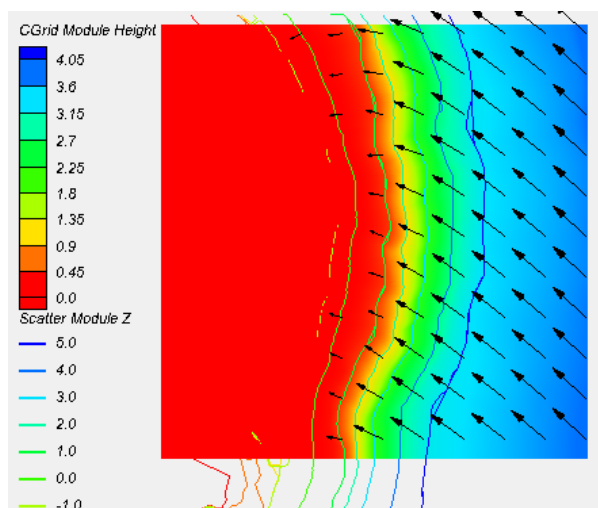
Gambar 4.16 Distribusi Tinggi Gelombang Arah Utara



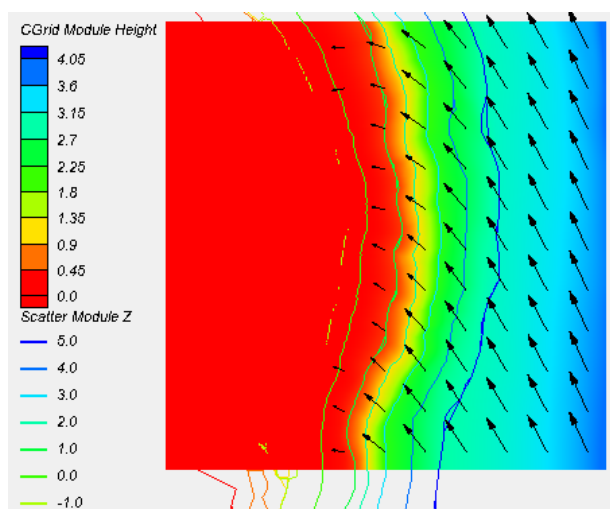
Gambar 4.17 Distribusi Tinggi Gelombang Arah Timur Laut



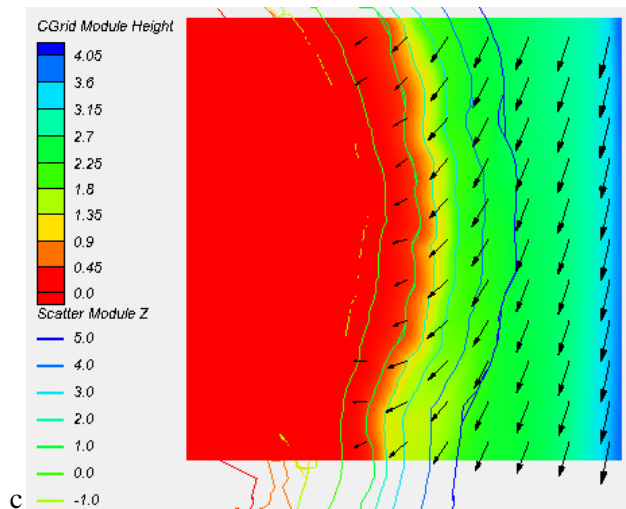
Gambar 4.18 Distribusi Tinggi Gelombang Arah Timur



Gambar 4.19 Distribusi Tinggi Gelombang Arah Tenggara



Gambar 4.20 Distribusi Tinggi Gelombang Arah Selatan



Gambar 4.21 Distribusi Tinggi Gelombang Arah Barat Laut

4.5.5 Gelombang Pecah

Pada permodelan yang telah dilakukan terlihat bahwa tinggi gelombang paling tinggi terjadi dari arah timur. Sehingga perhitungan gelombang pecah dilakukan untuk arah datang gelombang dari arah timur.

Pantai yang terletak di Desa Tanjung Aru adalah pantai yang membujur dari arah selatan ke utara. Arah gelombang datang dari arah timur (Sudut terhadap garis tegak lurus pantai, $\alpha_0 = 0^\circ$).

Data gelombang dari perhitungan gelombang signifikan adalah:

- Tinggi gelombang (H) = 4.361 meter
- Periode gelombang (T) = 11.173 detik
- Kemiringan dasar (m) = 0,0058

Perhitungan gelombang pecah dapat dilihat pada Tabel 4.12. Berikut adalah contoh perhitungan tinggi dan cepat rambat gelombang pecah :

1. Gelombang Ekuivalen

$$H = K_s \times K_r \times H_o$$

Di mana,

K_s : koefisien *shoaling*

K_r : koefisien refraksi

H : tinggi gelombang

H_o : tinggi gelombang representatif

a. Perhitungan Koefisien *Shoaling* (K_s)

$$L_0 = 1.56 T^2 = 1.56 (11.173)^2 = 194.754 \text{ m}$$

$$C_0 = \frac{L_0}{T} = \frac{146.756}{9.699} = 17.43$$

Untuk kedalaman 0.2 m dari MSL:

$$\frac{d}{L_0} = \frac{0.2}{146.756} = 0.00103$$

Dari lampiran Tabel L-1 didapat; $\frac{d}{L} = 0.0128 \rightarrow n = 0.9978$

$$L = \frac{d}{\frac{0.01475}{0.01475}} = \frac{0.2}{0.01475} = 15.629$$

Pada laut dalam nilai n_0 adalah 0,5

Maka koefisien *shoaling* adalah:

$$K_s = \sqrt{\frac{n_0 L_0}{n L}} = \sqrt{\frac{0.5 \cdot 146.756}{0.9978 \cdot 13.564}} = 2.499$$

b. Perhitungan Koefisien Refraksi (K_r)

$$C = \frac{L}{T} = \frac{15.629}{11.173} = 1.399$$

$$\sin \alpha = \frac{C}{C_0} \sin \alpha_0 = \frac{1.399}{17.43} \sin 0 = 0$$

$$\alpha = 0^\circ$$

$$K_r = \sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha}} = \sqrt{\frac{\cos 0}{\cos 0}} = 1$$

Dari perhitungan koefisien di atas didapat tinggi gelombang ekuivalen (H), sebagai berikut:

$$H = K_s \times K_r \times H_o$$

$$H = 2.499 \times 1 \times 4.361 = 10.898 \text{ m}$$

2. Perhitungan Tinggi dan Kedalaman Gelombang Pecah (Hb dan db)

Dari Peta Bathimetri didapat kemiringan dasar laut (m) adalah 0.0058

$$a = 43,75(1 - e^{-19m}) = 43,75(1 - e^{-19 \times 0.0058}) = 4.553$$

$$b = \frac{1,56}{(1 + e^{-19,5 \times 0.0058})} = 0.824$$

Rumus hubungan antara kedalaman dan tinggi gelombang pecah adalah:

$$\frac{db}{Hb} = \frac{1}{b - \left(\frac{aHb}{gT^2}\right)}$$

$$\frac{0.2}{Hb} = \frac{1}{0.0824 - \left(\frac{4.553 \times Hb}{9.81 \times 11.173^2}\right)}$$

Dengan cara coba-coba menggunakan rumus di atas, didapat nilai Hb sebesar 0.165 m. Perhitungan gelombang pecah di setiap kedalaman dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Hasil Perhitungan Tinggi dan Kedalaman Gelombang Pecah

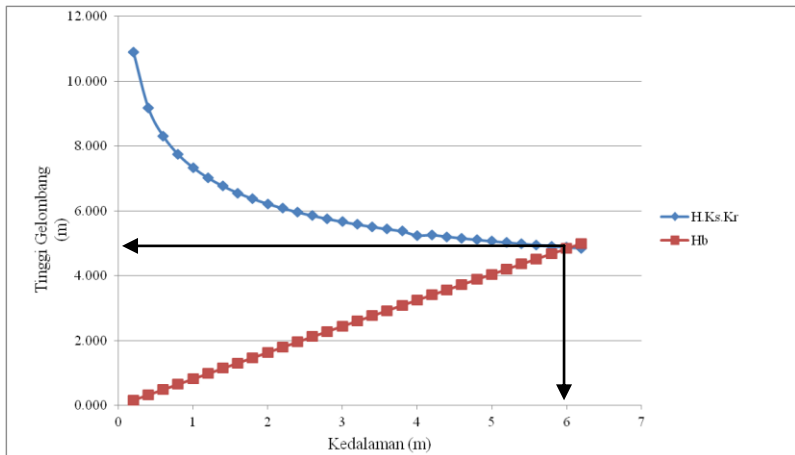
No	H	T	u_0	d	L_0	C_0	d/L_0	d/L	n_0	n	L	C	α	Kr	Ks	H	m	a	b	Hb
1	4.361	11.173	0	0.2	194.754	17.430	0.00103	0.01280	0.5	0.9978	15.629	1.399	0.000	1.000	2.499	10.898	0.0058	4.553	0.824	0.165
2	4.361	11.173	0	0.4	194.754	17.430	0.00205	0.01812	0.5	0.9957	22.079	1.976	0.000	1.000	2.105	9.179	0.0058	4.553	0.824	0.329
3	4.361	11.173	0	0.6	194.754	17.430	0.00308	0.02221	0.5	0.9935	27.014	2.418	0.000	1.000	1.905	8.307	0.0058	4.553	0.824	0.493
4	4.361	11.173	0	0.8	194.754	17.430	0.00411	0.02567	0.5	0.9914	31.159	2.789	0.000	1.000	1.775	7.744	0.0058	4.553	0.824	0.657
5	4.361	11.173	0	1	194.754	17.430	0.00513	0.02874	0.5	0.9893	34.794	3.114	0.000	1.000	1.682	7.335	0.0058	4.553	0.824	0.821
6	4.361	11.173	0	1.2	194.754	17.430	0.00616	0.03152	0.5	0.9872	38.071	3.407	0.000	1.000	1.610	7.020	0.0058	4.553	0.824	0.982
7	4.361	11.173	0	1.4	194.754	17.430	0.00719	0.03408	0.5	0.9850	41.077	3.676	0.000	1.000	1.551	6.766	0.0058	4.553	0.824	1.148
8	4.361	11.173	0	1.6	194.754	17.430	0.00822	0.03647	0.5	0.9829	43.867	3.926	0.000	1.000	1.503	6.554	0.0058	4.553	0.824	1.31
9	4.361	11.173	0	1.8	194.754	17.430	0.00924	0.03873	0.5	0.9808	46.477	4.160	0.000	1.000	1.462	6.374	0.0058	4.553	0.824	1.473
10	4.361	11.173	0	2	194.754	17.430	0.01027	0.04086	0.5	0.9787	48.946	4.381	0.000	1.000	1.426	6.218	0.0058	4.553	0.824	1.635
11	4.361	11.173	0	2.2	194.754	17.430	0.01130	0.04290	0.5	0.9766	51.280	4.590	0.000	1.000	1.394	6.082	0.0058	4.553	0.824	1.798
12	4.361	11.173	0	2.4	194.754	17.430	0.01232	0.04486	0.5	0.9745	53.498	4.788	0.000	1.000	1.367	5.961	0.0058	4.553	0.824	1.96
13	4.361	11.173	0	2.6	194.754	17.430	0.01335	0.04675	0.5	0.9724	55.619	4.978	0.000	1.000	1.342	5.852	0.0058	4.553	0.824	2.122
14	4.361	11.173	0	2.8	194.754	17.430	0.01438	0.04856	0.5	0.9702	57.658	5.160	0.000	1.000	1.319	5.754	0.0058	4.553	0.824	2.284

Tabel 4.12 Hasil Perhitungan Tinggi dan Kedalaman Gelombang Pecah (Lanjutan)

15	4.361	11.173	0	3	194.754	17.430	0.01540	0.05032	0.5	0.9677	59.620	5.336	0.000	1.000	1.299	5.666	0.0058	4.553	0.824	2.445
16	4.361	11.173	0	3.2	194.754	17.430	0.01643	0.05203	0.5	0.9660	61.507	5.505	0.000	1.000	1.280	5.583	0.0058	4.553	0.824	2.606
17	4.361	11.173	0	3.4	194.754	17.430	0.01746	0.05369	0.5	0.9640	63.329	5.668	0.000	1.000	1.263	5.508	0.0058	4.553	0.824	2.766
18	4.361	11.173	0	3.6	194.754	17.430	0.01848	0.05531	0.5	0.9619	65.092	5.826	0.000	1.000	1.247	5.439	0.0058	4.553	0.824	2.928
19	4.361	11.173	0	3.8	194.754	17.430	0.01951	0.05689	0.5	0.9598	66.798	5.978	0.000	1.000	1.232	5.375	0.0058	4.553	0.824	3.089
20	4.361	11.173	0	4	194.754	17.430	0.02054	0.05695	0.5	0.9577	70.240	6.286	0.000	1.000	1.203	5.247	0.0058	4.553	0.824	3.249
21	4.361	11.173	0	4.2	194.754	17.430	0.02157	0.05994	0.5	0.9557	70.075	6.272	0.000	1.000	1.206	5.259	0.0058	4.553	0.824	3.408
22	4.361	11.173	0	4.4	194.754	17.430	0.02259	0.06142	0.5	0.9536	71.641	6.412	0.000	1.000	1.194	5.207	0.0058	4.553	0.824	3.567
23	4.361	11.173	0	4.6	194.754	17.430	0.02362	0.06287	0.5	0.9516	73.170	6.549	0.000	1.000	1.183	5.158	0.0058	4.553	0.824	3.727
24	4.361	11.173	0	4.8	194.754	17.430	0.02465	0.06429	0.5	0.9495	74.659	6.682	0.000	1.000	1.172	5.112	0.0058	4.553	0.824	3.886
25	4.361	11.173	0	5	194.754	17.430	0.02567	0.06569	0.5	0.9475	76.116	6.812	0.000	1.000	1.162	5.068	0.0058	4.553	0.824	4.045
26	4.361	11.173	0	5.2	194.754	17.430	0.02670	0.06707	0.5	0.9454	77.533	6.939	0.000	1.000	1.153	5.027	0.0058	4.553	0.824	4.203
27	4.361	11.173	0	5.4	194.754	17.430	0.02773	0.06842	0.5	0.9433	78.921	7.063	0.000	1.000	1.144	4.988	0.0058	4.553	0.824	4.362
28	4.361	11.173	0	5.6	194.754	17.430	0.02875	0.06975	0.5	0.9413	80.283	7.185	0.000	1.000	1.135	4.951	0.0058	4.553	0.824	4.52
29	4.361	11.173	0	5.8	194.754	17.430	0.02978	0.07107	0.5	0.9392	81.610	7.304	0.000	1.000	1.127	4.916	0.0058	4.553	0.824	4.678
30	4.361	11.173	0	6	194.754	17.430	0.03081	0.07236	0.5	0.9372	82.919	7.421	0.000	1.000	1.119	4.882	0.0058	4.553	0.824	4.836
31	4.361	11.173	0	6.2	194.754	17.430	0.03184	0.07364	0.5	0.9351	84.189	7.535	0.000	1.000	1.112	4.850	0.0058	4.553	0.824	4.993

(Sumber: Perhitungan)

Gambar 4.22 merupakan grafik hubungan antara tinggi gelombang ekuivalen dan gelombang pecah dengan kedalaman gelombang ekuivalen dan gelombang pecah. Dari gambar tersebut diperoleh tinggi dan kedalaman gelombang pecah pada Pantai di Desa Tanjung Aru adalah; $H_b = 4.841$ m dan $d_b = 5.989$ m.

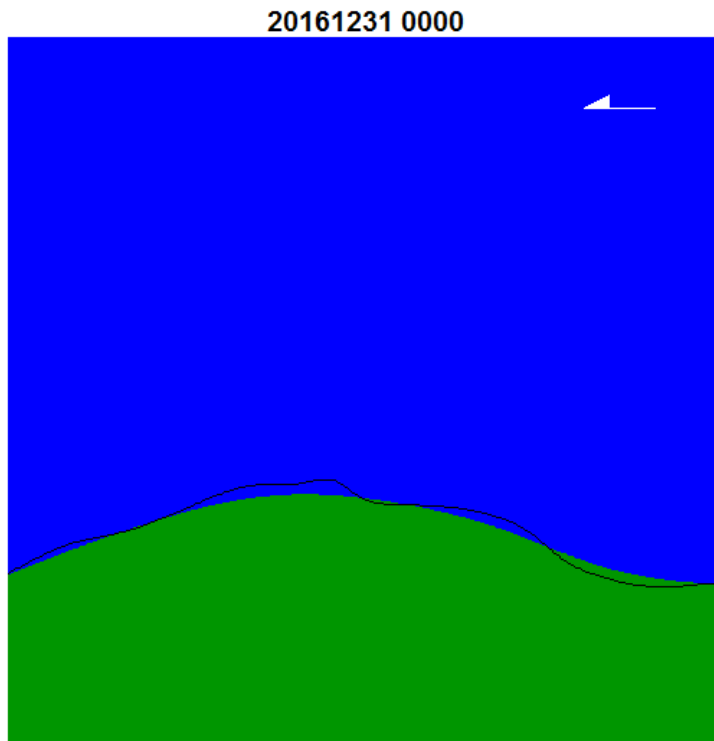


Gambar 4.22 Grafik Penentuan Gelombang Pecah

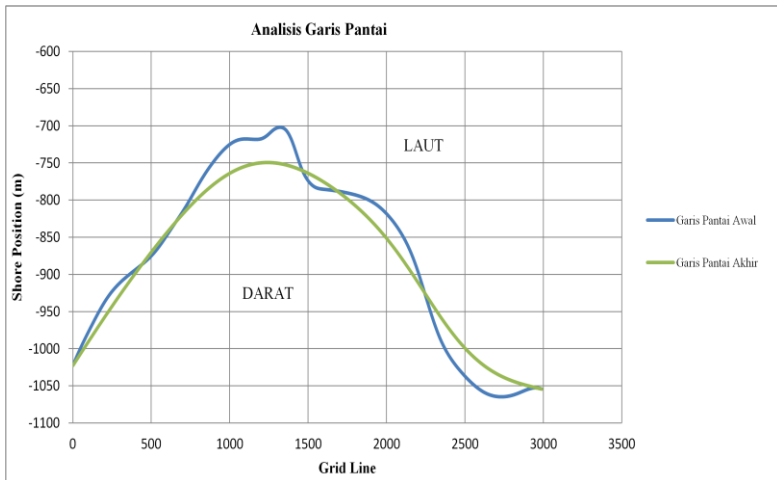
4.6 Morfologi Pantai

Morfologi pantai adalah bentang alam yang terjadi akibat aktivitas air yang berada di wilayah pantai. Berbagai macam bentuk bentangalam di daerah pantai dihasilkan dari perubahan gelombang air laut. Bentuk pantai sangat dipengaruhi oleh aktifitas gelombang yang menuju ke arah pantai.

Pada tugas akhir ini analisis morfologi pantai menggunakan *Software Genesis* dengan menggunakan metode *one line model*. *Input* data berupa data angin setiap tiga jam selama satu tahun, koordinat bathimetridan topografi, dan koordinat garis pantai (*shoreline*). Gambar 4.23 adalah *output* dari analisis morfologi menggunakan *Software Genesis*.



Gambar 4.23 Perubahan Garis Pantai Selama Satu Tahun tanpa Menggunakan Bangunan Pengaman Pantai



Gambar 4.24 Grafik Perubahan Garis Pantai

Dapat terlihat dari grafik pada Gambar 4.24 bahwa Pantai di Desa Tanjung Aru, Nunukan, Kalimantan Utara mengalami perubahan garis pantai. Perubahan garis pantai yang terjadi adalah pantai mengalami erosi dengan nilai rata-rata 22.573 m dan akresi rata-rata adalah 18.457 m.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

PEMILIHAN JENIS DAN PERENCANAAN *LAYOUT* BANGUNAN PENGAMAN PANTAI

5.1 Umum

Perlindungan pantai dapat dilakukan oleh manusia atau dengan cara alami. Perlindungan pantai dengan bantuan manusia dapat berupa struktur bangunan pengaman pantai dan penambahan timbunan pasir pada daerah pantai. Sedangkan perlindungan pantai secara alami dapat berupa *dunes*, karang laut, lamun yang tumbuh secara alami dan dapat berupa penanaman Pohon *Mangrove*.

Untuk menjaga agar lahan tidak terbawa arus dan aman terhadap gempuran gelombang, maka perlu dilakukan sistem pengaman pantai antara lain dengan penanaman *mangrove* dan bangunan pengaman pantai. Bangunan pengaman pantai yang memungkinkan untuk dapat menanam *mangrove* adalah *detachment breakwater*, pembuatan struktur tersebut dimungkinkan untuk terbentuknya suatu tombolo sehingga pada daerah tombolo tersebut dapat ditanam Pohon *Mangrove*. Adapun struktur pengaman pantai yang lain, yaitu *groin*, *revetment*, dan *jetty*.

Pemilihan jenis bangunan pelindung pantai berdasarkan fungsi bangunan pantai tersebut, kemudahan pelaksanaannya, material yang tersedia di daerah tersebut dan kondisi morfologi pantai. Selain yang telah disebutkan, untuk membantu pemilihan jenis bangunan pelindung pantai yang akan direncanakan, dimanfaatkan program GENESIS dalam menentukan jenis bangunan yang efektif dalam melindungi kawasan pantai tersebut.

5.2 Pemilihan Jenis Bangunan Pengaman Pantai

5.2.1 *Groin*

Groin merupakan bangunan pengaman pantai yang dibuat tegak lurus garis pantai, berfungsi untuk menahan angkutan sedimen sepanjang pantai, sehingga dapat mengurangi erosi yang

terjadi di sepanjang garis pantai. Struktur groin dibagi menjadi 2 bagian yaitu difracting dan non difracting. *Non difracting groin* biasanya memiliki panjang yang relatif lebih pendek jika dibandingkan dengan *difracting groin*.

Panjang groin akan efektif menahan sedimen apabila bangunan tersebut menutup lebar *surfzone*. Namun keadaan tersebut dapat mengakibatkan suplai sedimen ke daerah hilir terhenti sehingga dapat mengakibatkan erosi di daerah tersebut. Oleh karena itu panjang *groin* dibuat 40% sampai dengan 60% dari lebar *surfzone* dan jarak antar *groin* adalah 1 sampai 3 kali panjang *groin* (L_g). (Bambang Triatmodjo, 2011).

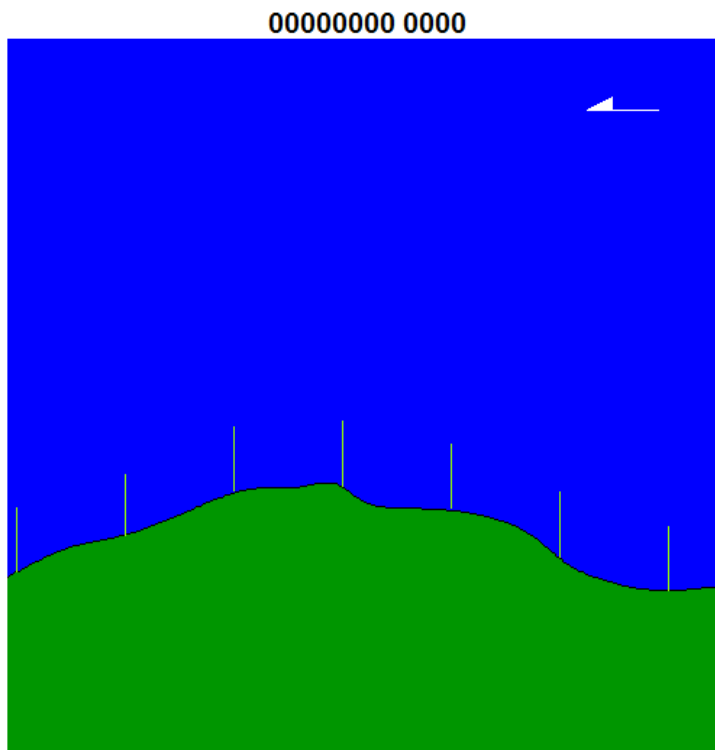
Pada perhitungan Bab 4, diperoleh kedalaman gelombang pecah (d_b) adalah 5.989 m dari MSL dengan kemiringan dasar pantai (m) adalah 0.0058, maka didapat lebar *surfzone* (L_s) sebesar 554 m, sehingga perhitungan panjang groin menjadi:

Panjang groin $= 40\% \times L_s = 40\% \times 554 = 221.6 \text{ m} \approx 225 \text{ m}$

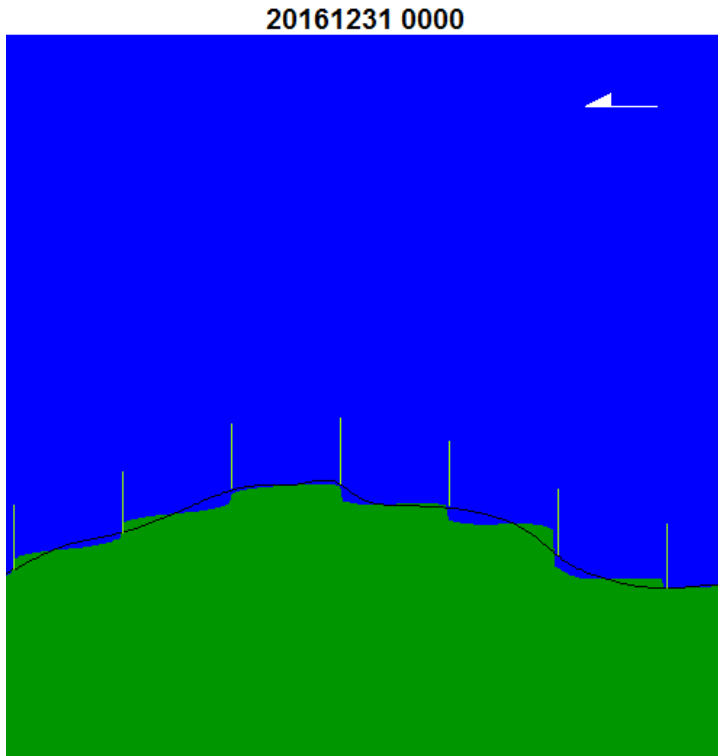
Jarak antar groin $= 2 \times L_g = 2 \times 225 = 450 \text{ m}$

Jumlah groin $= 7 \text{ buah}$

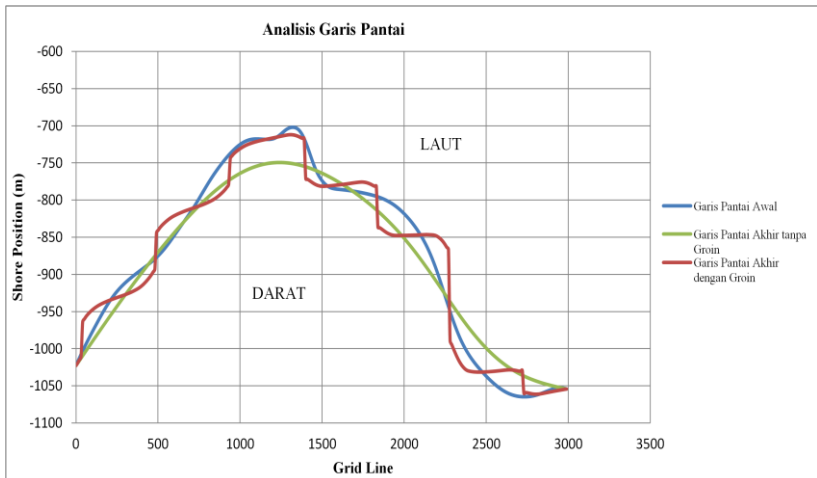
Gambar 5.1 sampai Gambar 5.3 merupakan hasil dari analisis perubahan garis pantai dengan menggunakan struktur pengaman pantai berupa *groin*.



Gambar 5.1 *Layout Pemasang Groin*



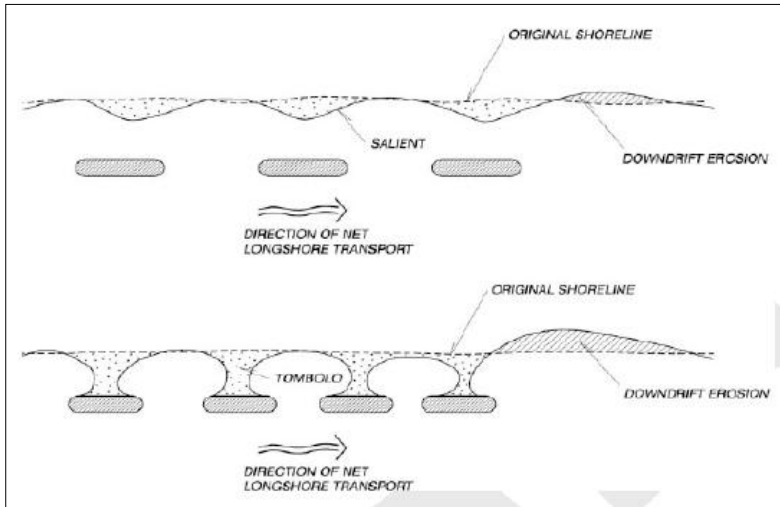
Gambar 5.2 Perubahan Garis Pantai Selama Satu Tahun dengan Menggunakan *Groin*



Gambar 5.3 Grafik Perubahan Garis Pantai dengan Menggunakan *Groyin*

5.2.2 Pemecah Gelombang Lepas Pantai (*Detached Breakwater*)

Pemecah gelombang lepas pantai adalah bangunan yang terpisah dari pantai, seperti ditunjukkan pada gambar 5.4 gelombang yang menuju pantai terhalang oleh bangunan tersebut sehingga gelombang yang sampai pantai sudah mengecil dan berkurang energinya untuk merusak pantai, sehingga daerah di belakang bangunan menjadi tenang. Transpor sedimen sepanjang pantai yang berasal dari daerah sekitarnya akan diendapkan di belakang bangunan. Pengendapan tersebut akan menyebabkan pembentukan *salient*. Apabila bangunan ini cukup panjang terhadap jaraknya dari garis pantai, maka akan terbentuk tombolo.



Gambar 5.4 *Detached Breakwater*

5.2.2.1 Penentuan Letak *Breakwater*

Berdasarkan dari perhitungan tinggi dan kedalaman gelombang pecah pada Bab 4 didapatkan kedalaman gelombang pecah sebesar 5.989 m dari MSL. Sehingga, jarak saat terjadi gelombang pecah dari garis pantai (Y_{br}) adalah 554 m.

Direncanakan nilai Y (jarak dari garis pantai ke *breakwater*) adalah 300 m. Maka dapat dikatakan bahwa pada jarak 300 m dari garis pantai gelombang sudah pecah.

5.2.2.2 Penentuan Panjang *Breakwater*

Panjang breakwater ditentukan dengan menggunakan syarat yang diberikan oleh Dally dan Pope (1986), bahwa terbentuknya tombolo harus memenuhi:

$$L_s/Y > 1.5 - 2$$

$$\text{Diambil } L_s/Y = 1.6$$

$$\text{Maka didapat, } L_s = Y \times 1.6 = 300 \times 1.6 = 480\text{m}$$

5.2.2.3 Penentuan Jarak Antar *Breakwater*

Menurut Suh dan Dalrymple (dalam Herbich, 1999) terjadi perubahan garis pantai akibat *multiple breakwater* jika:

$$\frac{L_s}{Y} < \frac{2L_y}{L_g} \quad \rightarrow \text{Membentuk } \textit{salient}$$

$$\frac{L_s}{Y} > \frac{2L_y}{L_g} \quad \rightarrow \text{Membentuk tombolo}$$

$$\frac{L_g \times Y}{L_y^2} \approx 0.5 \quad \rightarrow \text{Membentuk tombolo}$$

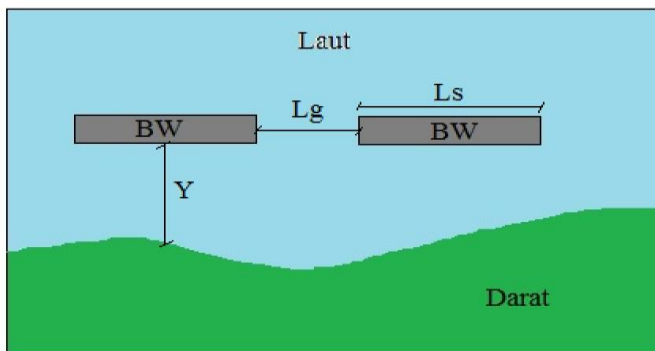
Direncanakan *breakwater* dapat membentuk tombolo

$$\frac{L_g \times Y}{L_y^2} = 0.5$$

$$\frac{L_g \times 300}{480^2} = 0.5$$

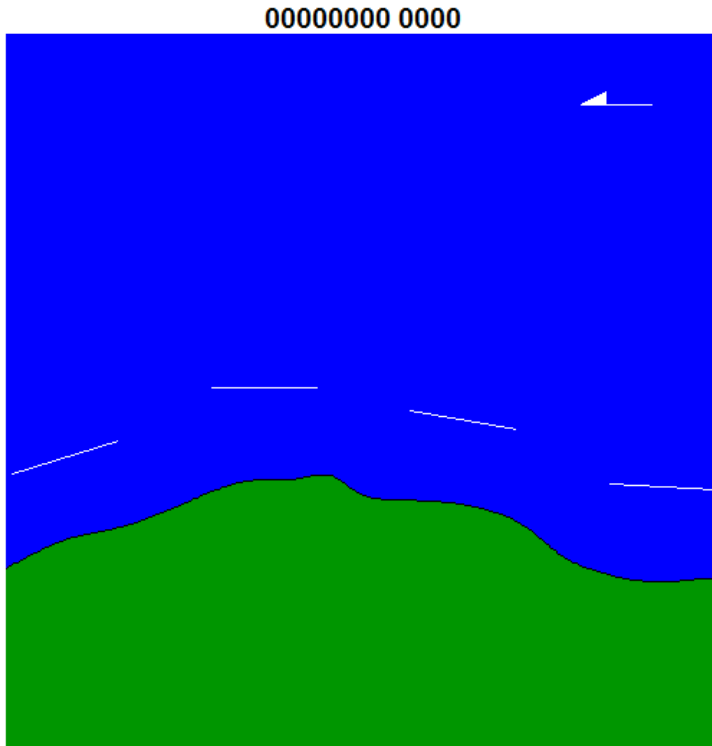
$$L_g = 384 \text{ m}$$

Gambar 5.5 merupakan *layout* penempatan *detached breakwater*.

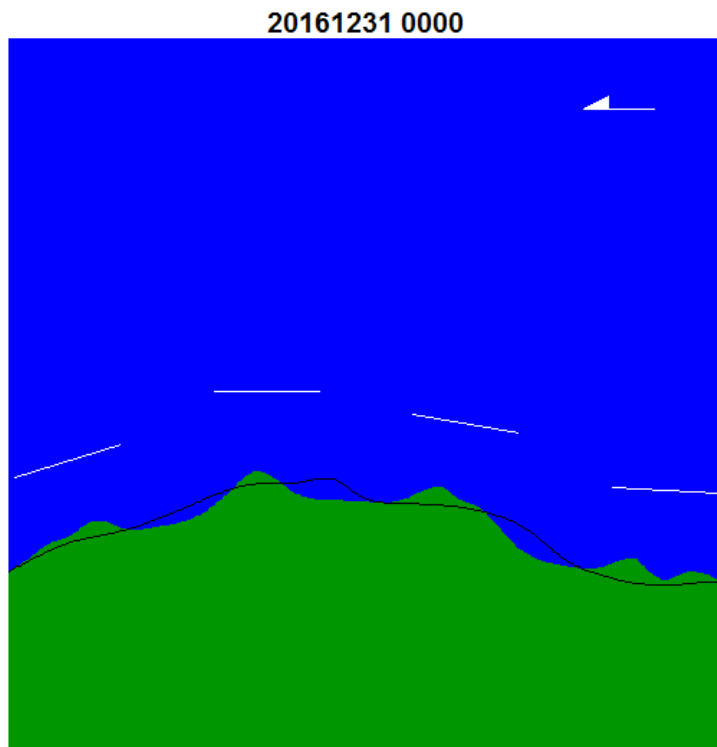


Gambar 5.5 *Layout Penempatan Breakwater*

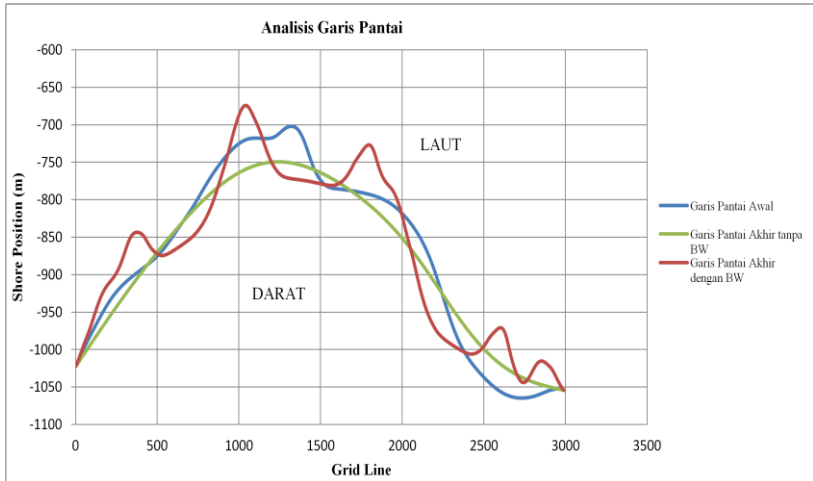
Gambar 5.6 sampai Gambar 5.8 merupakan hasil dari analisis perubahan garis pantai dengan menggunakan struktur pengaman pantai berupa *breakwater*.



Gambar 5.6 *Layout Pemasangan Detached Breakwater*



Gambar 5.7 Perubahan Garis Pantai Selama Satu Tahun dengan Menggunakan *Detached Breakwater*



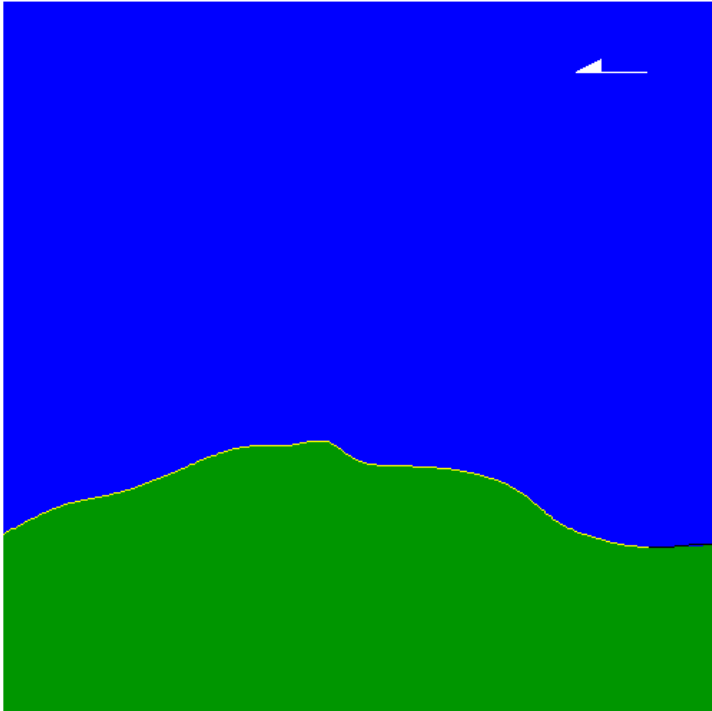
Gambar 5.8 Grafik Perubahan Garis Pantai dengan Menggunakan *Detached Breakwater*

5.2.3 *Revetment*

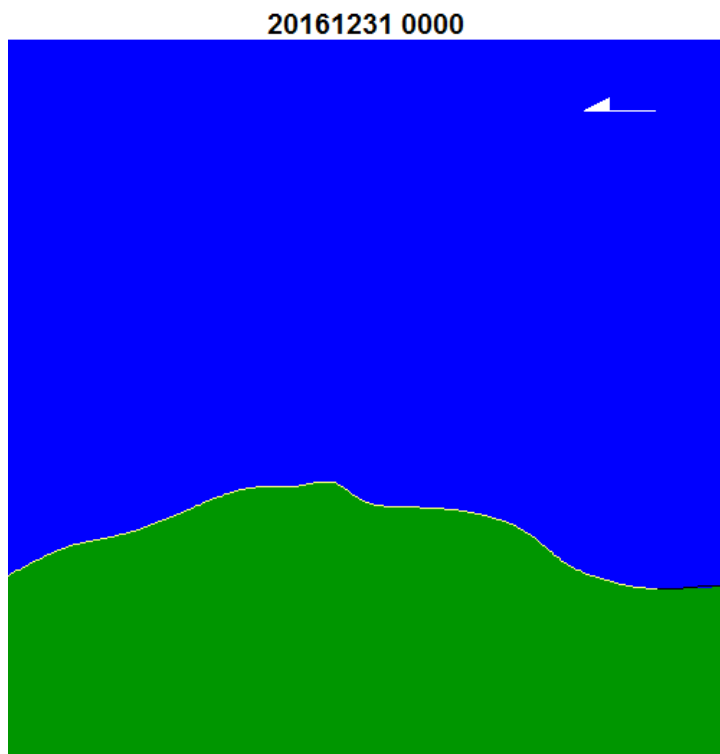
Revetment adalah bangunan yang dibangun sepanjang garis pantai dan digunakan untuk melindungi pantai dari gempuran gelombang yang nantinya akan menyebabkan erosi pantai. *Revetment* mempunyai sisi miring dan bisa terbuat dari tumpukkan batu atau bronjong, sehingga lebih fleksibel dan dapat menyesuaikan diri terhadap gerusan di kaki bangunan.

Revetment pada Pantai di Desa Tanjung Aru di pasang sepanjang garis pantai. Gambar 5.9 sampai Gambar 5.11 merupakan hasil dari analisis perubahan garis pantai dengan menggunakan struktur pengaman pantai berupa *revetment* atau *seawall*.

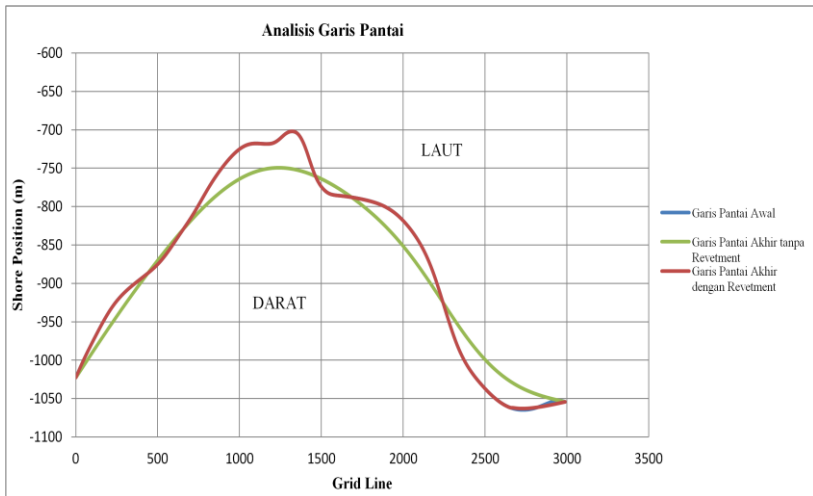
20161231 0000



Gambar 5.9 Layout Pemasang *Revetment*



Gambar 5.10 Perubahan Garis Pantai Selama Satu Tahun dengan Menggunakan *Revetment*



Gambar 5.11 Grafik Perubahan Garis Pantai dengan Menggunakan *Revetment*

5.3 Alternatif Bangunan Pengaman Pantai Terpilih

Dari beberapa alternatif perlindungan pantai yang telah dianalisis menggunakan *Software Genesis* selama satu tahun akan dipilih satu solusi untuk menanggulangi erosi yang terjadi pada pantai di Desa Tanjung Aru, Nunukan, Kalimantan Utara. Selain berdasarkan pada analisis perubahan garis pantai, terdapat faktor kelenihan dan kekurangan dari masing-masing struktur pengaman pantai. Tabel 5.1 merupakan rincian dari kelebihan dan kekurangan masing-masing struktur pengaman pantai.

Tabel 5.1 Kelebihan dan Kekurangan Masing-masing Bangunan Pengaman Pantai

No	Jenis Pengaman Pantai	Kelebihan	Kekurangan
1	<i>Groin</i>	<ul style="list-style-type: none"> Dapat menahan angkutan sedimen 	<ul style="list-style-type: none"> Akan terjadi erosi pada bagian hilir

		<p>sejajar pantai dan menahan sedimen pada posisi yang direncanakan</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tidak merubah <i>surfzone</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Tidak dapat dipakai pada pantai dengan kadar lumpur tinggi • Dapat Mengganggu aktivitas pendaratan perahu ke pantai
2	<i>Detached Breakwater</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Pantai kelihatan alami tanpa pelindung • Ada penambahan luas daratan sehingga dapat ditanami Pohon <i>Mangrove</i> agar peredaman gelombang laut menjadi maksimal • Menahan laju sedimen ke arah laut • Tidak dibangun sepanjang garis pantai yang akan dilindungi sehingga volume bahan yang lebih sedikit. 	<ul style="list-style-type: none"> • Proses pembangunan relatif lebih sulit dikarenakan pembangunan dilakukan terpisah dari pantai sehingga membutuhkan teknik khusus guna menempatkan peralatan konstruksi. • Membutuhkan waktu agar dapat bekerja sesuai dengan fungsinya karena harus menunggu terjadinya tombolo.
3	<i>Revetment</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Kemampuan meredam gelombang sangat baik karena 	<ul style="list-style-type: none"> • Karena dibangun sepanjang garis pantai maka memerlukan

		<p>struktur berada tepat di sepanjang garis pantai sehingga keberadaan garis pantai dapat dilindungi dengan optimal.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pekerjaan dan perawatan dapat dilakukan dengan mudah karena bangunan berada pada daratan. 	<p>volume bahan yang cukup banyak</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tidak efektif pada daerah yang memiliki kemiringan dasar landai. Karena dapat mengakibatkan erosi yang cukup parah apabila pondasi berada pada perairan dangkal • Elevasi puncak bangunan tinggi
--	--	--	---

Hal-hal yang dipertimbangkan dalam menentukan alternatif yang akan dipilih adalah keefektifan solusi tersebut, yang meliputi biaya dan hasil yang akan dicapai serta kemudahan pelaksanaan dan bahan baku. Selain masalah teknis juga dipertimbangkan kondisi masyarakat setempat serta kelestarian terhadap lingkungan dan tata guna lahan daerah pantai sekitar Desa Tanjung Aru.

Penggunaan struktur *revetment* dikatakan tidak tepat karena pantai di Desa Tanjung Aru memiliki kemiringan yang cukup landai yaitu 0.0058 sehingga penggunaan *revetment* dapat menyebabkan erosi yang lebih parah karena tidak adanya resistensi tanah yang ikut menahan hantaman gelombang dan juga mengingat biaya pembangunan struktur *revetment* cukup tinggi. Pada tugas akhir ini dipilih bangunan pengaman pantai berupa *detached breakater* karena dengan membangun struktur tersebut dapat memungkinkan kegiatan konservasi lingkungan, yaitu dengan penanaman Pohon *Mangrove* pada daerah belakang *breakwater*.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VI

PERHITUNGAN STRUKTUR PEMACAH GELOMBANG

6.1 Umum

Struktur pengaman pantai yang yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah *detached breakwater* dengan tipe *rock structure in rubble mound* karena:

1. Lokasi pembangunan struktur *breakwater* berada pada kedalaman yang cukup dangkal.
2. Keruntuhan yang diakibatkan oleh pengaruh penurunan tanah dasar pada struktur dengan tipe *rubble mound* bersifat bertahap.
3. Material yang terbuat dari batu dapat menyerap energi gelombang yang cukup besar, sehingga refleksi gelombang yang terjadi lebih kecil jika dibandingkan dengan *vertical breakwater*

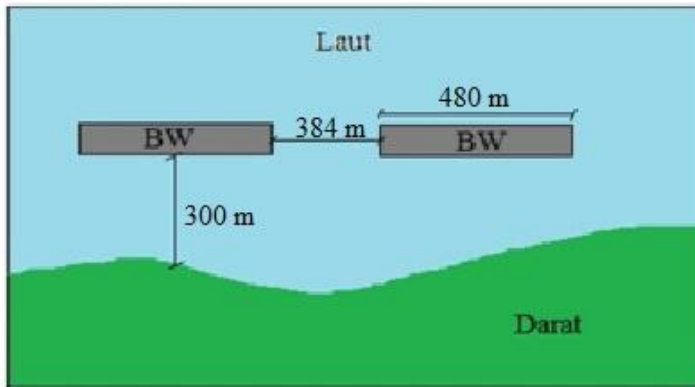
6.2 Umur Rencana

Breakwater direncanakan berdasarkan umur rencana bangunan pengaman pantai, yaitu 50 tahun. Umur rencana tersebut dimaksudkan untuk mengetahui tinggi gelombang maksimum yang mungkin terjadi selama umur periode rencana bangunan.

Dari Bab 4 diperoleh tinggi, periode, dan panjang gelombang yang mungkin terjadi pada periode 50 tahun. Tinggi gelombang dari laut dalam tersebut kemudian direfraksi menuju kedalaman di depan struktur *breakwater*. Tinggi gelombang di depan *breakwater* selanjutnya digunakan untuk penentuan berat dan dimensi bangunan sehingga bangunan yang direncanakan mampu menahan gelombang maksimum yang mungkin terjadi selama periode umur rencana bangunan.

6.3 Layout Detached Breakwater

Dari perhitungan Bab 5 dipilih bangunan dengan tipe *detached breakwater*. Layout dari bangunan tersebut dapat dilihat pada Gambar 6.1 dan lebih jelasnya dapat dilihat pada lampiran halaman 163.



Gambar 6.1 Layout *Detached Breakwater*

Tinggi gelombang yang digunakan untuk menentukan berat dan dimensi struktur adalah 2.227 m didapat dari hasil permodelan tinggi gelombang dan dikalikan dengan *safety factor* yaitu 1.8.

6.4 Elevasi Muka Air Rencana

Elevasi muka air rencana dihitung dengan rumus:

$$DWL = HHWL + S_w + SLR$$

Di mana :

DWL : Elevasi muka air rencana (m)

HHWL : Muka air tertinggi pada saat pasang surut purnama/ bulan mati (*Highest High Water Level*) (m)

S_w : *Wave set-up* (m)

SLR : Kenaikan elevasi muka air laut karena pemanasan global (*Sea Level Rise*) (m)

- *Wave Set-Up*

Untuk perhitungan *Wave set-up* diambil data dari perhitungan gelombang rencana di bab IV.

$$H_b = 4,841 \text{ m}$$

$$T = 11.173 \text{ detik.}$$

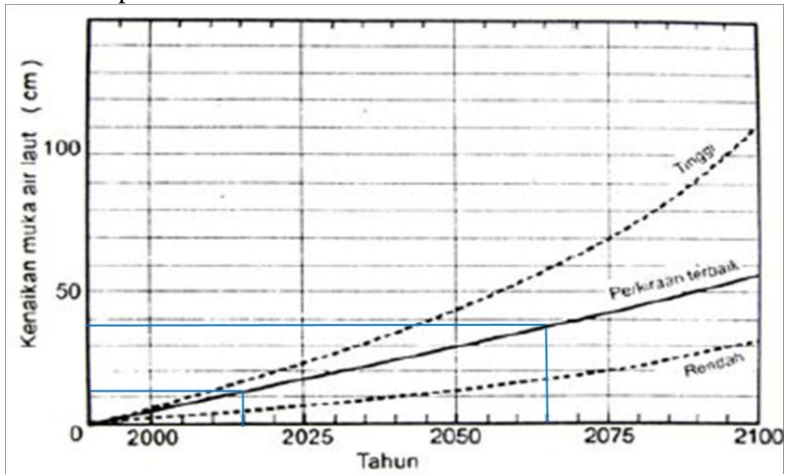
Maka besar wave set-up adalah :

$$S_w = 0,19 \left[1 - 2,82 \sqrt{\frac{H_b}{gT^2}} \right] H_b$$

$$S_w = 0,19 \left[1 - 2,82 \sqrt{\frac{4.841}{9.81 \times 11.173^2}} \right] 4.841 = 0.757 \text{ m}$$

- *Sea Level Rise (SLR)*

Peningkatan konsentrasi gas-gas rumah kaca di atmosfer menyebabkan kenaikan suhu bumi sehingga mengakibatkan kenaikan muka air laut. Perkiraan besar kenaikan muka air laut diberikan pada Gambar 6.2.



Gambar 6.2 Grafik Perkiraan Kenaikan Muka Air Laut

Dari Gambar 6.2 didapatkan kenaikan muka air laut yang terjadi tahun 2015 dengan perkiraan terbaik adalah 11 cm = 0,11

m dan pada tahun 2045 (direncanakan umur bangunan 50 tahun) adalah 38 cm = 0.38 m. Sehingga nilai SLR yang didapat adalah:

$$\begin{aligned}\text{SLR} &= \text{SLR 2065} - \text{SLR 2015} \\ &= 0.38 \text{ m} - 0.11 \text{ m} = 0.27 \text{ m}\end{aligned}$$

Sehingga nilai DWL didapat,

$$\text{DWL} = 4.998 + 0.757 + 0.27 = 6.025 \text{ m}$$

6.5 Stabilitas Berat Butir Lapis Lindung

Perhitungan berat butir lapis lindung dalam tugas akhir ini menggunakan Rumus Hudson dan Rumus Van Der Meer dengan kemiringan struktur 1:2.

6.4.1 Rumus Hudson

Dalam perhitungan berat butir menggunakan Rumus Hudson, berat butir dihitung berdasarkan jenis material yang digunakan karena setiap jenis material memiliki nilai K_D yang berbeda.

$$W = \frac{\gamma_r H^3}{K_D (S_r - 1)^3 \cot \theta}$$

Diketahui:

$$\gamma_a = 1.03 \text{ t/m}^3$$

$$H = 1.82 \text{ m}$$

$$\theta = 26.565^\circ$$

6.4.1.1 Berat Butir Lapis Lindung Batu Pecah

$$K_D = 2.8$$

$$\gamma_r = 2.65 \text{ t/m}^3$$

$$S_r = \frac{\gamma_r}{\gamma_a} = \frac{2.65}{1.03} = 2.573$$

$$W = \frac{2.65 \times 1.82^3}{2.8(2.573 - 1)^3 \cot(26.565)} = 1.343 \text{ ton}$$

6.4.1.2 Berat Butir Lapis Lindung Dolos

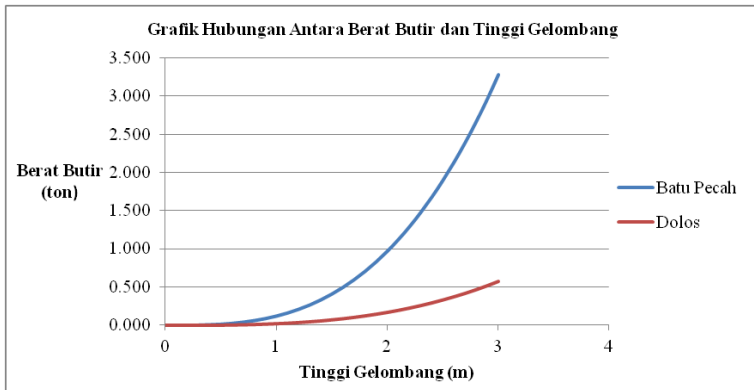
$$K_D = 16$$

$$\gamma_r = 2.65 \text{ t/m}^3$$

$$S_r = \frac{\gamma_r}{\gamma_a} = \frac{2.65}{1.03} = 2.573$$

$$W = \frac{2.4 \times 1.82^3}{16(2.33 - 1)^3 \cot(26.565)} = 0.235 \text{ ton}$$

Gambar 6.3 merupakan grafik hubungan antara tinggi gelombang dengan berat buti menggunakan Rumus Hudson.



Gambar 6.3 Grafik Hubungan Antara Berat Butir dan Tinggi Gelombang Menggunakan Rumus Hudson

6.4.2 Rumus Van Der Meer

Berdasarkan percobaan yang dilakukan oleh Van Der Meer, stabilitas lapis lindung pada kedalaman yang terbatas lebih baik digunakan nilai karakteristik tertinggi dari distribusi tinggi gelombang ($H_{2\%}$) dari pada H_s . Sedangkan nilai dari $H_{2\%}/H_s$ adalah 1,4. (*The Rock Manual*, 2007)

$$\xi_{m-1,0} = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{\frac{2\pi H_s}{g T_{m-1,0}^2}}}$$

$$\xi_{cr} = \left[\frac{C_{pl}}{C_s} P^{0.31} \sqrt{\tan \alpha} \right]^{\frac{1}{P+0.5}}$$

Pada laut dangkal, gelombang dengan tipe *plunging* ($\xi_{m-1,0} < \xi_{cr}$) dihitung dengan rumus:

$$N_s = \frac{H_{2\%}}{\Delta D_{n50}} = C_{pl} P^{0.18} \left(\frac{S_d}{\sqrt{N}} \right)^{0.2} \xi_m^{-0.5}$$

$$C_{pl} = 8.4$$

Pada laut dangkal, gelombang dengan tipe *surgin* ($\xi_{m-1,0} > \xi_{cr}$) dihitung dengan rumus:

$$N_s = \frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = C_s P^{-0.13} \left(\frac{S_d}{\sqrt{N}} \right)^{0.2} \sqrt{(\cot \alpha)} \xi_m^p$$

$$C_s = 1.3$$

Diketahui:

$$\alpha = 26.565^\circ$$

$$H_s = 2.227 \text{ m}$$

$$T_p = 11.173 \text{ detik}$$

$$T_p = 1.07 T_{m-1,0} \quad (\text{The Rock Manual, 2007})$$

$$T_{m-1,0} = \frac{11.173}{1.07} = 10.442 \text{ detik}$$

$P = 0.4$ untuk armor di atas *coarse core*

$$g = 9.81 \text{ m/detik}^2$$

$$\gamma_a = 1.03 \text{ t/m}^3$$

$S_d = 2$ untuk *zero damage*.

N untuk laut dangkal adalah < 3000 , digunakan $N = 3000$

6.4.2.1 Berat Butir Lapis Lindung Batu Pecah

Untuk batu pecah nilai γ_r adalah 2.65 t/m^3 , sehingga didapat $\Delta = \frac{\gamma_r}{\gamma_a} - 1 = \frac{2.65}{1.03} - 1 = 1.573$

$$\xi_m = \frac{\tan 26.565}{\sqrt{\frac{2\pi \cdot 2.227}{9.81 \cdot 10.442^2}}} = 4.372$$

$$\xi_{cr} = \left[\frac{8.7}{1.3} 0.4^{0.31} \sqrt{\tan 26.565} \right]^{\frac{1}{0.4+0.5}} = 3.945$$

Didapat $\xi_{m-1,0} > \xi_{cr}$, maka gelombang diklasifikasikan dengan tipe *surgin*. Perhitungan stabilitas butir dihitung dengan rumus:

$$\begin{aligned} N_s &= \frac{H_{2\%}}{\Delta D_{n50}} = C_s P^{-0.13} \left(\frac{S_d}{\sqrt{N}} \right)^{0.2} \sqrt{(\cot \alpha) \xi_m}^p \\ &= \frac{3.117}{1.573 D_{n50}} = 1.3 \cdot 0.4^{-0.13} \left(\frac{2}{\sqrt{3000}} \right)^{0.2} \sqrt{\cot 26.565} 4.372^{0.4} \end{aligned}$$

$$D_{n50} = 1.028 \text{ m}$$

$$W_{50} = D_{n50}^3 \gamma_r = 1.028^3 \cdot 2.65 = 2.882 \text{ ton}$$

Bila dibandingkan dengan berat batu menggunakan Rumus Hudson berat batu yang dihitung menggunakan Rumus Van Der Meer jauh lebih berat karena Rumus Van Der Meer memperhitungkan kemiringan dasar pantai. Pada Tugas Akhir ini dasar pantai pada lokasi rencana landai yaitu 0.0058 sehingga kemiringan dasar pantai yang digunakan adalah kemiringan bangunan yaitu 0.5.

6.4.2.2 Berat Butir Lapis Lindung Dolos

Dengan menggunakan Gambar 6.2, diplotkan berat batu pecah sebesar 2.882 ton, sehingga didapat nilai berat butir dolos adalah 0.505 ton.

6.6 Perhitungan Dimensi Struktur *Breakwater*

Dari hasil perhitungan stabilitas batu pada perhitungan sebelumnya digunakan berat batu yang terberat, yaitu menggunakan Rumus Van Der Meer dengan dengan berat 2.882 ton untuk batu pecah dan 0.505 ton untuk batu artifisial. Hal ini dilakukan untuk membangun struktur pengaman pantai yang lebih aman dari serangan gelombang.

6.5.1 Elevasi Mercu *Breakwater* Batu Pecah

Elevasi mercu bangunan dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Elevasi mercu} = \text{DWL} + \text{Ru} + \text{Fb}$$

Dimana,

DWL : Design water level (elevasi muka air rencana)

Ru : Run-up gelombang

Fb : Tinggi jagaan (0,5 – 1,5 m)

- *Wave Run-Up*

Direncanakan:

Jenis bangunan = *Detached Breakater*

Lapis lindung = Batu Alam Kasar

Tinggi gelombang = 2.227 m

Kemiringan bangunan = 1 : 2

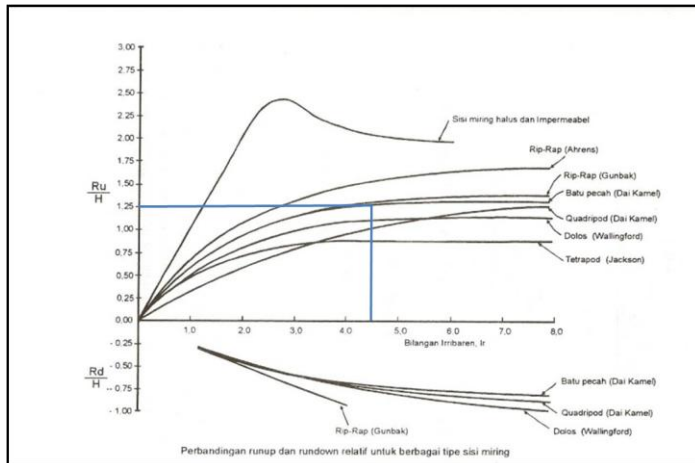
$$L_0 = 1.56 T^2 = 1.56 (11.173)^2$$

$$= 194.744 \text{ m}$$

$$I_r = \frac{tg \theta}{\left(\frac{H}{L_0}\right)^{0.5}}$$

$$I_r = \frac{0.5}{\left(2/146.75\right)^{0.5}} = 4.676$$

Bilangan Iribaren kemudian diplotkan pada grafik di Gambar 6.4 untuk mendapatkan nilai dari Ru/h.



Gambar 6.4 Grafik Penentuan Nilai Ru/H untuk Material Batu Pecah

Dari Gambar 6.4 didapat nilai $Ru/H = 1.25$ m

Sehingga nilai $Ru = 2.783$ m

$$\begin{aligned}\text{Elevasi mercu} &= \text{DWL} + Ru + Fb \\ &= 6.025 + 2.783 + 0.5 = 9.308 \text{ m}\end{aligned}$$

6.5.2 Perhitungan Lapis Lindung Batu Pecah

6.5.2.1 Lapis Lindung Pertama (*Primary Layer*)

1. Berat Butir Lapis Lindung

$$W = 1.384 \text{ ton}$$

2. Dimensi Batu

$$D = \left(\frac{W}{\gamma_r} \right)^{1/3}$$

$$W = 2.882 \text{ ton}$$

$$\gamma_r = 2.65 \text{ t/m}^3$$

$$D = \left(\frac{2.882}{2.65} \right)^{1/3} = 1.028 \text{ m}$$

3. Lebar Puncak Pemecah Gelombang

$$B = nK_{\Delta} \left[\frac{W}{\gamma_r} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$n = 3$$

$$K_{\Delta} = 1.15$$

$$W = 2.882 \text{ ton}$$

$$\gamma_r = 2.65 \text{ t/m}^3$$

$$B = 3 \times 1.15 \left[\frac{2.882}{2.65} \right]^{\frac{1}{3}} = 3.548 \text{ m}$$

4. Tebal Lapis Lindung

$$t = nK_{\Delta} \left(\frac{W}{\gamma_r} \right)^{1/3}$$

$$n = 2$$

$$K_{\Delta} = 1.15$$

$$W = 2.882 \text{ ton}$$

$$\gamma_r = 2.65 \text{ t/m}^3$$

$$t = 2 \times 1.15 \left(\frac{2.882}{2.65} \right)^{1/3} = 2.365 \text{ m}$$

5. Jumlah Batu Pelindung

$$N = AnK_{\Delta} \left(1 - \frac{P}{100} \right) \left(\frac{\gamma_r}{W} \right)^{2/3}$$

$$A = 10 \text{ m}^2$$

$$n = 2$$

$$K_{\Delta} = 1.15$$

$$P = 40\%$$

$$W = 2.882 \text{ ton}$$

$$\gamma_r = 2.65 \text{ t/m}^3$$

$$N = 10 \times 2 \times 1.15 \left(1 - \frac{40}{100}\right) \left(\frac{2.65}{2.882}\right)^{2/3} = 14$$

6.5.2.2 Lapis Lindung Kedua (*Secondary Layer*)

1. Berat Butir Lapis Lindung

Pada Lapis lindung kedua nilai W adalah:

$$\frac{W}{10} = \frac{2.882 \text{ ton}}{10} = 0.288 \text{ ton}$$

2. Dimensi Batu

$$D = \left(\frac{W}{\gamma_r}\right)^{1/3}$$

$$W = 0.288 \text{ ton}$$

$$\gamma_r = 2.65 \text{ t/m}^3$$

$$D = \left(\frac{0.288}{2.65}\right)^{1/3} = 0.477 \text{ m}$$

3. Lebar Puncak Pemecah Gelombang

Pada lapis lindung kedua lebar pemecah gelombang disesuaikan dengan lebar pada *primary layer*.

4. Tebal Lapis Lindung

$$t = nK_{\Delta} \left(\frac{W}{\gamma_r}\right)^{1/3}$$

$$n = 2$$

$$K_{\Delta} = 1.15$$

$$W = 0.288 \text{ ton}$$

$$\gamma_r = 2.65 \text{ t/m}^3$$

$$t = 2 \times 1.15 \left(\frac{0.288}{2.65}\right)^{1/3} = 1.098 \text{ m}$$

5. Jumlah Batu Pelindung

$$N = A n K_{\Delta} \left(1 - \frac{P}{100}\right) \left(\frac{\gamma_r}{W}\right)^{2/3}$$

$$A = 10 \text{ m}^2$$

$$n = 2$$

$$K_{\Delta} = 1.15$$

$$P = 40\%$$

$$W = 0.288 \text{ ton}$$

$$\gamma_r = 2.65 \text{ t/m}^3$$

$$N = 10 \times 2 \times 1.15 \left(1 - \frac{40}{100}\right) \left(\frac{2.65}{0.0681}\right)^{2/3} = 61$$

6.5.2.3 Lapis Lindung Ketiga (*Core Layer*)

1. Berat Butir Lapis Lindung

Berat lapis lindung pada *core layer* adalah:

$$\frac{W}{200} = \frac{2.882 \text{ ton}}{200} = 0.014 \text{ ton}$$

2. Dimensi Batu

$$D = \left(\frac{W}{\gamma_r}\right)^{1/3}$$

$$W = 0.014 \text{ ton}$$

$$\gamma_r = 2.65 \text{ t/m}^3$$

$$D = \left(\frac{0.014}{2.65}\right)^{1/3} = 0.176 \text{ m}$$

3. Lebar Puncak Pemecah Gelombang

Pada lapis lindung ketiga lebar pemecah gelombang disesuaikan dengan lebar pada *secondary layer*.

6.5.2.4 Toe Berm

1. Berat Butir Lapis Lindung

Berat lapis lindung

Pada Lapis lindung pada *toe berm* adalah:

$$\frac{W}{10} = \frac{2.882}{10} = 0.288 \text{ ton}$$

2. Dimensi Batu

$$D = \left(\frac{W}{\gamma_r} \right)^{1/3}$$

$$W = 0.288 \text{ ton}$$

$$\gamma_r = 2.65 \text{ t/m}^3$$

$$D = \left(\frac{0.288}{2.65} \right)^{1/3} = 0.477 \text{ m}$$

3. Lebar *Toe Berm*

$$B_b \geq 3.3D_{n50}$$

$$B_b = 6 \times 0.477 = 2.862 \text{ m}$$

4. Jumlah Batu Pelindung

$$N = AnK_{\Delta} \left(1 - \frac{P}{100} \right) \left(\frac{\gamma_r}{W} \right)^{2/3}$$

$$A = 10 \text{ m}^2$$

$$n = 2$$

$$K_{\Delta} = 1.15$$

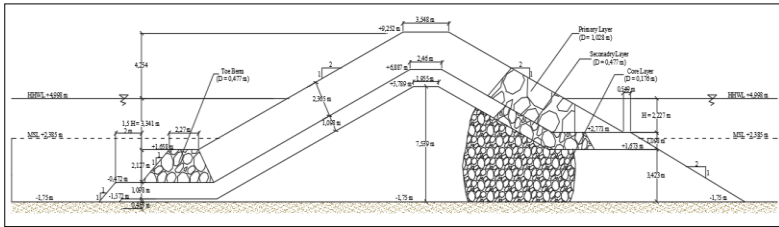
$$P = 40\%$$

$$W = 0.288 \text{ ton}$$

$$\gamma_r = 2.65 \text{ t/m}^3$$

$$N = 10 \times 2 \times 1.15 \left(1 - \frac{40}{100} \right) \left(\frac{2.65}{0.288} \right)^{2/3} = 61$$

Gambar 6.5 merupakan dimensi struktur yang telah dihitung dengan menggunakan rumus-rumus di atas. Lebih jelasnya dapat dilihat pada lampiran halaman 165.



Gambar 6.5 Potongan Melintang dengan Material Batu Pecah

6.5.3 Elevasi Mercu *Breakwater* Dolos

Elevasi mercu bangunan dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Elevasi mercu} = \text{DWL} + \text{Ru} + \text{Fb}$$

Dimana,

DWL : Design water level (elevasi muka air rencana)

Ru : Run-up gelombang

Fb : Tinggi jagaan (0,5 – 1,5 m)

- *Wave Run-Up*

Direncanakan:

Jenis bangunan = *Detached Breakwater*

Lapis lindung = Dolos

Tinggi gelombang = 2.227 m

Kemiringan bangunan = 1 : 2

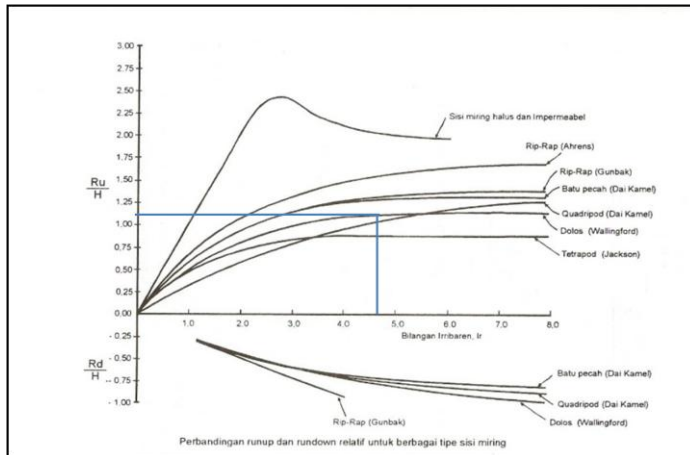
$$L_0 = 1.56 T^2 = 1.56 (11.173)^2$$

$$= 194.744 \text{ m}$$

$$I_r = \frac{tg \theta}{\left(\frac{H}{L_0}\right)^{0.5}}$$

$$I_r = \frac{0.5}{\left(2/146.75\right)^{0.5}} = 5.172$$

Bilangan Irribaren kemudian diplotkan pada grafik di Gambar 6.5 untuk mendapatkan nilai dari Ru/h.



Gambar 6.6 Grafik Penentuan Nilai Ru/H untuk Material Dolos

Dari Gambar 6.6 didapat nilai $Ru/H = 1.08$ m

Sehingga nilai $Ru = 2.405$ m

$$\begin{aligned}\text{Elevasi mercu} &= DWL + Ru + Fb \\ &= 6.025 + 2.405 + 0.5 = 8.93 \text{ m}\end{aligned}$$

6.5.4 Perhitungan Lapis Lindung Dolos

6.5.4.1 Lapis Lindung Pertama (*Primary Layer*)

1. Berat Butir Lapis Lindung

$$W = 0.505 \text{ ton}$$

2. Lebar Puncak Pemecah Gelombang

$$B = nK_{\Delta} \left[\frac{W}{\gamma_r} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$n = 3$$

$$K_{\Delta} = 1.15$$

$$W = 0.505 \text{ ton}$$

$$\gamma_r = 2.65 \text{ t/m}^3$$

$$B = 3 \times 1.15 \left[\frac{0.505}{2.65} \right]^{\frac{1}{3}} = 1.726 \text{ m}$$

3. Tebal Lapis Lindung

$$t = nK_{\Delta} \left(\frac{W}{\gamma_r} \right)^{1/3}$$

$$n = 2$$

$$K_{\Delta} = 1.15$$

$$W = 0.505 \text{ ton}$$

$$\gamma_r = 2.65 \text{ t/m}^3$$

$$t = 2 \times 1.15 \left(\frac{1.384}{2.65} \right)^{1/3} = 1.151 \text{ m}$$

4. Jumlah Batu Pelindung

$$N = A n K_{\Delta} \left(1 - \frac{P}{100} \right) \left(\frac{\gamma_r}{W} \right)^{2/3}$$

$$A = 10 \text{ m}^2$$

$$n = 2$$

$$K_{\Delta} = 1.15$$

$$P = 40\%$$

$$W = 0.505 \text{ ton}$$

$$\gamma_r = 2.65 \text{ t/m}^3$$

$$N = 10 \times 2 \times 1.15 \left(1 - \frac{40}{100} \right) \left(\frac{2.65}{0.505} \right)^{2/3} = 23$$

6.5.4.2 Lapis Lindung Kedua (*Secondary Layer*)

1. Berat Butir Lapis Lindung

Butir pada lapis lindung kedua menggunakan material batu pecah, sehingga nilai W pada lapis lindung kedua adalah:

$$\frac{W}{10} = \frac{2.882 \text{ ton}}{10} = 0.288 \text{ ton}$$

2. Dimensi Batu

$$D = \left(\frac{W}{\gamma_r} \right)^{1/3}$$

$$W = 0.288 \text{ ton}$$

$$\gamma_r = 2.65 \text{ t/m}^3$$

$$D = \left(\frac{0.288}{2.65} \right)^{1/3} = 0.477 \text{ m}$$

3. Lebar Puncak Pemecah Gelombang

Pada lapis lindung kedua lebar pemecah gelombang disesuaikan dengan lebar pada *primary layer*.

4. Tebal Lapis Lindung

$$t = nK_{\Delta} \left(\frac{W}{\gamma_r} \right)^{1/3}$$

$$n = 2$$

$$K_{\Delta} = 1.15$$

$$W = 0.288 \text{ ton}$$

$$\gamma_r = 2.65 \text{ t/m}^3$$

$$t = 2 \times 1.15 \left(\frac{0.288}{2.65} \right)^{1/3} = 1.098 \text{ m}$$

5. Jumlah Batu Pelindung

$$N = AnK_{\Delta} \left(1 - \frac{P}{100} \right) \left(\frac{\gamma_r}{W} \right)^{2/3}$$

$$A = 10 \text{ m}^2$$

$$n = 2$$

$$K_{\Delta} = 1.15$$

$$P = 40\%$$

$$W = 0.681 \text{ ton}$$

$$\gamma_r = 2.65 \text{ t/m}^3$$

$$N = 10 \times 2 \times 1.15 \left(1 - \frac{40}{100}\right) \left(\frac{2.65}{0.0681}\right)^{2/3} = 61$$

6.5.4.3 Lapis Lindung Ketiga (*Core Layer*)

1. Berat Butir Lapis Lindung

Butir pada lapis lindung ketiga menggunakan material batu pecah, sehingga nilai W pada lapis lindung ketiga adalah:

$$\frac{W}{200} = \frac{1.384 \text{ ton}}{200} = 0.014 \text{ ton}$$

2. Dimensi Batu

$$D = \left(\frac{W}{\gamma_r}\right)^{1/3}$$

$$W = 0.014 \text{ ton}$$

$$\gamma_r = 2.65 \text{ t/m}^3$$

$$D = \left(\frac{0.014}{2.65}\right)^{1/3} = 0.176 \text{ m}$$

3. Lebar Puncak Pemecah Gelombang

Pada lapis lindung ketiga lebar pemecah gelombang disesuaikan dengan lebar pada *secondary layer*.

6.5.2.5 Toe Berm

1. Berat Butir Lapis Lindung

Berat lapis lindung

Pada Lapis lindung pada *toe berm* adalah:

$$\frac{W}{10} = \frac{2.882}{10} = 0.288 \text{ ton}$$

2. Dimensi Batu

$$D = \left(\frac{W}{\gamma_r}\right)^{1/3}$$

$$W = 0.288 \text{ ton}$$

$$\gamma_r = 2.65 \text{ t/m}^3$$

$$D = \left(\frac{0.288}{2.65} \right)^{1/3} = 0.477 \text{ m}$$

3. Lebar Toe Berm

$$B_b \geq 3.3D_{n50}$$

$$B_b = 6 \times 0.477 = 2.862 \text{ m}$$

4. Jumlah Batu Pelindung

$$N = AnK_{\Delta} \left(1 - \frac{P}{100} \right) \left(\frac{\gamma_r}{W} \right)^{2/3}$$

$$A = 10 \text{ m}^2$$

$$n = 2$$

$$K_{\Delta} = 1.15$$

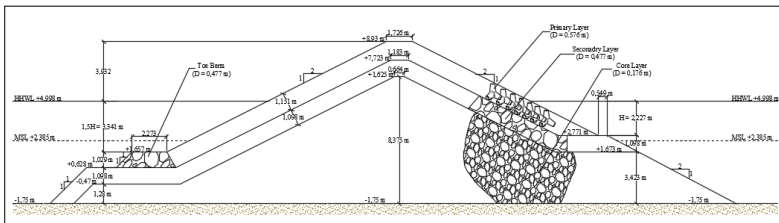
$$P = 40\%$$

$$W = 0.288 \text{ ton}$$

$$\gamma_r = 2.65 \text{ t/m}^3$$

$$N = 10 \times 2 \times 1.15 \left(1 - \frac{40}{100} \right) \left(\frac{2.65}{0.288} \right)^{2/3} = 61$$

Gambar 6.7 merupakan dimensi struktur yang telah dihitung dengan menggunakan rumus-rumus di atas. Lebih jelasnya dapat dilihat pada lampiran halaman 167.



Gambar 6.7 Potongan Melintang dengan Material Dolos

“Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB VII

KESIMPULAN

Dalam studi perencanaan pengaman Pantai di Desa Tanjung Aru ini dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Kondisi pantai yang berada di Desa Tanjung Aru, Kecamatan Sebatik Timur, Nunukan, Kalimantan Utara ini mengalami kemuduran garis pantai atau yang biasa disebut erosi. Erosi yang terjadi disebabkan tinggi gelombang yang cukup tinggi. Tinggi gelombang dihitung berdasarkan data angin pada Tahun 2006-2015.

a. Data Angin

Dari analisis data angin Tahun 2006 – 2015 didapatkan kejadian angin dominan selama 10 tahun berasal dari Arah Utara yaitu sebesar 25.8%.

b. Data Gelombang

Dari perhitungan tinggi gelombang didapatkan tinggi gelombang maksimum adalah 3.912 m dan periode 10.414 detik yang terjadi pada Bulan Juli dan Agustus Tahun 2008 yang dihitung berdasarkan perhitungan tinggi gelombang di laut dalam. Dari data tinggi gelombang signifikan dihitung tinggi gelombang periode ulang 50 tahun yang dihitung menggunakan Formula Weibull, didapat tinggi gelombang 4.361 m dan periode 11.173 detik. Dari tinggi gelombang periode ulang 50 tahun dihitung tinggi gelombang di laut dangkal dengan menggunakan permodelan. Dari permodelan tersebut diketahui tinggi gelombang tertinggi berasal dari Arah Timur.

2. Kondisi pantai berdasarkan peta bathimetri dan pasang surut.

a. Data Peta

Peta yang digunakan dalam analisis ini adalah Peta Bathimetri dan Topografi tahun 2009. Dari peta tersebut didapat kemiringan dasar pantai senilai 0.0058.

b. Data Pasang Surut

Dari analisis data pasang surut hasil pengamatan di lapangan pada 19 September 2010 – 3 Oktober 2010 didapatkan beberapa elevasi penting pasang surut yaitu:

- Highest High Water Level (HHWL) = +499.822 cm
- Mean High Water Level (MHWL) = +365.294 cm
- Mean Sea Level (MSL) = +238.53 cm
- Mean Low Water Level (MLWL) = +111.766 cm
- Lowest Low Water Level (LLWL) = -22.761 cm

Data-data elevasi pasang surut ini akan dipakai dalam perencanaan struktur bangunan pengaman pantai.

3. Perubahan garis pantai dianalisis dengan menggunakan *one line model* dibantu dengan menggunakan *Software Genesis*. Rata-rata kemunduran garis pantai (erosi) yang terjadi adalah sebesar 22.573 m per tahun, sedangkan rata-rata akresi yang terjadi adalah 18.457 m.

4. Bangunan yang terpilih adalah *detached breakwater* yang memiliki panjang 480 m, jarak antar *breakwater* 384 m, dan jarak dari garis pantai adalah 300 m. Berat struktur dihitung menggunakan Rumus Van Der Meer. Pada tugas akhir ini struktur pengaman pantai dipilih menggunakan dua material yaitu batu pecah yang memiliki elevasi mercu +9.308 m dan dolos yang memiliki elevasi mercu +8.93 dengan kemiringan 1:2. Adapun dimensi struktur pengaman pantai tersebut dapat dilihat pada Tabel 7.1

Tabel 7.1 Rekapitulasi Dimensi Struktur Pengaman Pantai

	Batu Pecah				Dolos			
	Primary Layer	Secondary Layer	Core Layer	Toe Berm	Primary Layer	Secondary Layer	Core Layer	Toe Berm
Berat (ton)	2.882	0.2882	0.014	0.2882	0.505	0.2882	0.014	0.2882
Lebar Puncak (m)	3.548	Menyesuaikan	Menyesuaikan	2.385	1.726	Menyesuaikan	Menyesuaikan	2.3850
Tebal (m)	2.365	1.098	Menyesuaikan	Menyesuaikan	1.151	1.0978	Menyesuaikan	Menyesuaikan
Jumlah per 10 m ²	14	61	Menyesuaikan	61	23	61.0000	Menyesuaikan	61
Dimensi (m)	1.028	0.477	0.176	0.477	0.575	0.4773	0.176	0.4773

(Sumber: Perhitungan)

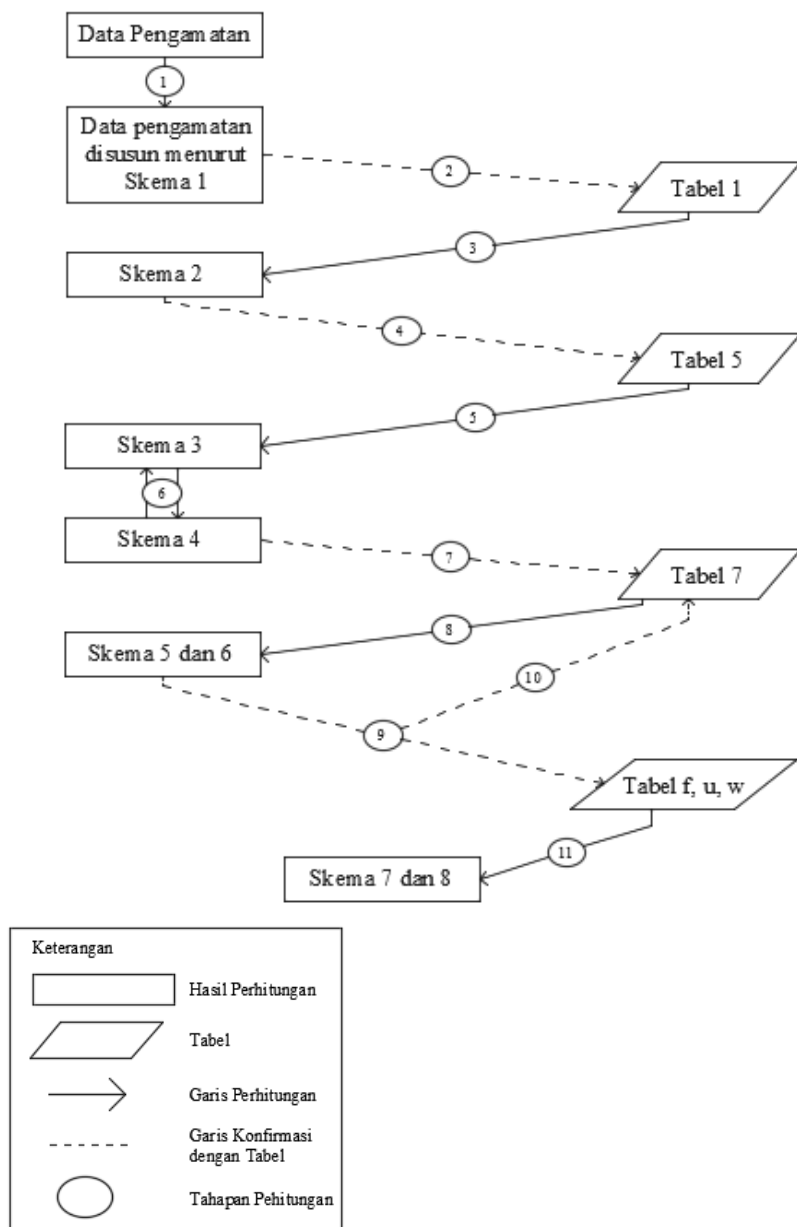
DAFTAR PUSTAKA

- CERC. 1984. *Shore Protection Manual Book I*. Washington : US Army Coastal Engineering Research Center.
- CERC. 1984. *Shore Protection Manual Book II*, Washington : US Army Coastal Engineering Research Center.
- CIRIA. 1991. *Manual on The Use of Rock in Coastal and Shoreline Engineering*. London : Construction Industry Research And Information Association.
- Laboratorium Oseanografi Mipa Universitas Sriwijaya. 2012. *Pengolahan Data Pasang Surut dengan Metode Admiralty*, <URL:<http://laboseanografi.mipa.unsri.ac.id/wp-content/uploads/2012/04/Modul-pasut-2012.pdf>>.
- Pratikto, A Widi, Suntoyo, Solikhin, dan Kriyo Sambodho. 2014. *Struktur Pelindung Pantai*. Jakarta : PT. Mediatama Saptakarsa
- Tiatmodjo, Bambang. 2008. *Teknik Pantai*. Yogyakarta : Beta Offset.
- Tiatmodjo, Bambang. 2011. *Perencanaan Bangunan Pengaman Pantai*. Yogyakarta : Beta Offset.
- Yuwono, Nur. 1982. *Teknik Pantai*. Yogyakarta : Biro Penerbit Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

Skema Perhitungan Pasang Surut Metode Admiralty



Tabel 1 Penyusunan Data Pasang Surut

Jam	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Tanggal	(cm)																							
19-Sep-10	221	260	270	285	290	310	330	290	230	185	142	135	160	190	235	270	295	313	305	293	238	203	168	160
20-Sep-10	188	210	230	270	295	372	360	290	220	190	148	125	115	164	213	263	313	328	325	306	270	190	163	160
21-Sep-10	180	213	273	305	310	315	384	363	315	230	154	110	100	125	183	254	305	352	363	335	298	230	160	105
22-Sep-10	85	128	181	256	315	365	385	380	330	260	180	120	87	115	110	245	300	345	385	380	285	256	205	127
23-Sep-10	70	85	140	205	275	335	365	380	300	220	130	70	95	141	220	275	335	380	395	376	335	255	170	105
24-Sep-10	75	95	185	225	330	335	370	355	320	240	150	105	75	125	185	250	310	360	412	394	259	311	251	187
25-Sep-10	134	80	121	155	224	290	327	344	322	304	228	185	123	107	130	182	251	319	362	382	371	333	278	222
26-Sep-10	158	120	104	142	203	263	320	323	308	268	217	167	125	111	144	198	246	285	353	369	351	319	274	184
27-Sep-10	165	134	142	173	220	267	304	314	306	276	237	188	152	126	139	178	229	283	319	346	346	320	284	234
28-Sep-10	189	162	156	173	210	255	283	297	263	258	252	231	197	180	174	183	209	262	293	313	322	317	289	258
29-Sep-10	225	191	186	188	202	210	240	272	275	235	222	203	196	190	181	192	217	242	277	290	300	296	290	277
30-Sep-10	260	244	232	224	221	223	226	230	231	229	224	218	212	208	208	211	219	229	241	253	263	271	276	277
01-Oct-10	275	269	262	253	242	232	224	216	211	210	212	216	222	227	231	233	232	231	229	229	233	241	252	265
02-Oct-10	278	286	288	282	268	249	228	209	186	191	196	209	226	242	254	259	254	243	228	215	207	209	222	243
03-Oct-10	267	290	304	307	295	272	242	212	183	176	170	200	224	250	266	274	278	270	246	221	204	195	204	226

(Sumber: PT. Gracia Widyakarsa, Semarang)

Tabel 2 Konstanta Pengali untuk Menyusun Skema

	Waktu (jam)																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
X1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Y1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
X2	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1
Y2	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
X4	1	0	-1	-1	0	1	1	0	-1	-1	0	1	1	0	-1	-1	0	1	1	0	-1	-1	0	1
Y4	1	1	1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	-1

Skema 2

Skema 2 merupakan perkalian data pengamatan dengan pengali konstanta.

Contoh:

19 September 2010 untuk X1 (+) dan X1 (-)

Perkalian data pengamatan dengan pengali konstanta:

$$\begin{aligned}
 0 &= 221 \times -1 = -221 & 12 &= 160 \times 1 = 160 \\
 1 &= 260 \times -1 = -260 & 13 &= 190 \times 1 = 190 \\
 2 &= 270 \times -1 = -270 & 14 &= 235 \times 1 = 235 \\
 3 &= 285 \times -1 = -285 & 15 &= 270 \times 1 = 270 \\
 4 &= 290 \times -1 = -290 & 16 &= 295 \times 1 = 295 \\
 5 &= 310 \times -1 = -310 & 17 &= 315 \times 1 = 315 \\
 6 &= 330 \times 1 = 330 & 18 &= 305 \times -1 = -305 \\
 7 &= 290 \times 1 = 290 & 19 &= 293 \times -1 = -293 \\
 8 &= 230 \times 1 = 230 & 20 &= 238 \times -1 = -238 \\
 9 &= 185 \times 1 = 185 & 21 &= 203 \times -1 = -203 \\
 10 &= 142 \times 1 = 142 & 22 &= 168 \times -1 = -168 \\
 11 &= 135 \times 1 = 135 & 23 &= 160 \times -1 = -160
 \end{aligned}$$

Tabel 3 Penyusunan Hasil Perhitungan dari Skema 2

Tanggal	X1		Y1		X2		Y2		X4		Y4	
	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
19	2775	3003	2830	2948	2329	3449	3099	2679	1934	1916	3022	2756
20	2729	2979	2810	2898	2096	3612	2961	2747	1973	1846	2891	2817
21	2875	3087	2810	3152	2063	3899	2915	3047	1909	2088	3132	2830
22	2857	2968	2840	2985	1854	3971	2532	3293	1899	1923	2851	2974
23	2911	2746	3082	2575	1701	3956	2556	3101	1815	1950	2902	2755
24	2845	3059	3119	2785	1984	3920	2550	3354	1919	1975	2850	3054
25	2822	2952	3060	2714	2245	3529	2116	3658	1962	1918	2803	2971
26	2712	2840	2959	2593	2191	3361	2099	3453	1855	1834	2786	2766
27	2732	2950	2956	2726	2397	3285	2208	3474	1912	1880	2793	2889
28	2789	2937	2997	2729	2663	3063	2350	3376	1968	1846	2829	2897
29	2665	2932	2948	2649	2692	2905	2420	3177	1870	1853	2823	2774
30	2645	2985	2868	2762	2859	2771	2691	2939	1886	1869	2808	2822
1	2665	2982	2825	2822	2882	2765	2909	2738	1894	1874	2828	2819
2	2697	2975	2802	2870	2844	2828	3129	2543	1904	1876	2847	2825
3	2745	3031	2858	2918	2772	3004	3297	2479	1947	1909	2909	2867

Skema 3

Untuk mengisi kolom-kolom pada Skema 3, setiap kolom pada kolom-kolom Skema 3 merupakan penjumlahan dari perhitungan pada kolom-kolom pada Skema 2.

1. Untuk X_0 (+) pada Skema 3 merupakan penjumlahan dari data Skema 2 antara $X1$ (+) dengan $X1$ (-) tanpa melihat tanda (+) dan (-).

Contoh : X_0 19 September 2010 = 2773 + 3003 = 5778

2. Untuk $X1$, $Y1$, $X2$, $Y2$, $X4$, dan $Y4$ merupakan penjumlahan tanda (+) dan (-). Untuk mengatasi hasilnya tidak ada yang negatif maka ditambahkan dengan 2500. Hal ini dilakukan juga untuk kolom $X1$, $Y1$, $X2$, $Y2$, $X4$, dan $Y4$.

Tabel 4 Penyusunan Hasil Perhitungan dari Skema 3

Tanggal	X0	X1+	Y1+	X2+	Y2+	X4+	Y4+
	+						
19	5778	2272	2382	1380	2920	2518	2766
20	5708	2250	2412	984	2714	2627	2574
21	5962	2288	2158	664	2368	2321	2802
22	5825	2389	2355	383	1739	2476	2377
23	5657	2665	3007	245	1955	2365	2647
24	5904	2286	2834	564	1696	2444	2296
25	5774	2370	2846	1216	958	2544	2332
26	5552	2372	2866	1330	1146	2521	2520
27	5682	2282	2730	1612	1234	2532	2404
28	5726	2352	2768	2100	1474	2622	2432
29	5597	2233	2799	2287	1743	2517	2549
30	5630	2160	2606	2588	2252	2517	2486
1	5647	2183	2503	2617	2671	2520	2509
2	5672	2222	2432	2516	3086	2528	2522
3	5776	2214	2440	2268	3318	2538	2542

Skema 4

Mengisi seluruh kolom-kolom pada Skema 4, diisi dengan data setelah penyelesaian Skema 3 dibantu dengan Tabel 5 (pengali konstanta).

Arti indeks pada Skema 4:

Indeks 00 untuk X berarti X_{00} , X_0 pada Skema 3 dan indeks 0 pada Tabel 5

Contoh :

$X0 = 5778 \times 1 = 5778$	$X22 = 1380 \times -1 = -1380$
$X10 = 2272 \times 1 = 2272$	$Y22 = 2920 \times -1 = -2920$
$Y10 = 2382 \times 1 = 2382$	$X2b = 1380 \times 0 = 0$
$X12 = 2272 \times -1 = -2272$	$Y2b = 2920 \times 0 = 0$
$Y12 = 2382 \times -1 = -2382$	$X23 = 1380 \times -1 = -1380$
$X1b = 2272 \times 0 = 0$	$X2c = 1380 \times -1 = -1380$
$Y1b = 2382 \times 0 = 0$	$Y2c = 2920 \times -1 = -2920$
$X13 = 2272 \times -1 = -2272$	$X42 = 2518 \times -1 = -2588$
$Y13 = 2382 \times -1 = -2382$	$Y42 = 2766 \times -1 = -2766$
$X1c = 2272 \times -1 = -2272$	$X44 = 2518 \times 1 = 2518$
$Y1c = 2382 \times -1 = -2382$	$Y44 = 2766 \times 1 = 2766$
$X20 = 1380 \times 1 = 1380$	$X4d = 2518 \times 0 = 0$
$Y20 = 2920 \times 1 = 2920$	$Y4d = 2766 \times 0 = 0$

Harga X_{00} yang diisikan untuk kolom x (tambahan) adalah penjumlahan harga X_0 dari Skema 3 yang telah dikalikan dengan faktor pengali dari Tabel 5 kolo 0, perkalian dilakukan baris per baris. Untuk baris ke 2 ke kolom 0 dari Tabel 5, faktor 15 menunjukkan beberapa kali harus dikurangi dengan faktor bilangan tambahan dalam hal ini 2500 begitu seterusnya pengisian di Skema 4.

Tabel 5 Konstanta Pengali Skema 4

Index kedua	0	2	b	3	c	4	d
Konstanta perkalian untuk 29 hari	-29	-1	0	-1	0	-1	0
Konstanta perkalian untuk 15 hari	-15	1	0	5	0	1	0
Konstanta perkalian untuk X+B dan Y+B	1	1	0	-1	1	1	0
Untuk 29 hari	1	1	-1	-1	1	1	-1
	1	1	-1	1	1	-1	-1
	1	1	-1	1	1	-1	-1
	1	-1	-1	1	1	-1	1
	1	-1	-1	1	-1	1	1
	1	-1	-1	1	-1	1	1
	1	-1	-1	1	-1	1	1
Untuk 15 hari digunakan pertengahan 15 baris	1	-1	0	-1	-1	1	0
	1	-1	1	-1	-1	1	-1
	1	-1	1	-1	-1	-1	-1
	1	-1	1	-1	1	-1	-1
	1	1	1	-1	1	-1	1
	1	1	1	1	1	-1	1
	1	1	1	1	1	1	1
Hari tengah-tengah	1	1	0	1	0	1	0
	1	1	-1	1	-1	1	-1
Untuk 15 hari digunakan pertengahan 15 baris	1	1	-1	1	-1	-1	-1
	1	1	-1	-1	-1	-1	-1
	1	-1	-1	-1	-1	-1	1
	1	-1	-1	-1	1	-1	1
	1	-1	-1	-1	1	1	1
	1	-1	0	-1	1	1	0
	1	-1	1	1	1	1	-1
Untuk 29 hari	1	-1	1	1	1	1	-1
	1	-1	1	1	-1	-1	-1
	1	1	1	1	-1	-1	1
	1	1	1	1	-1	-1	1
	1	1	1	-1	-1	1	1
	1	1	0	-1	-1	1	0
	1	1	0	-1	-1	1	0

Tabel 6 Hasil Penyusunan Skema 4

Index	Tanda	X	Y	\ddot{X}	\ddot{Y}
		Tambahan		Jumlah	
0	+	85890		85890	
10	+	34538	39138	-2962	1638
	-	37500	37500		
12	+	16560	19850	1082	3062
	-	17978	19288		
-15	(+) (-)	2500	2500		
1b	+	14248	15612	816	-226
	-	13432	15838		
13	+	11662	14044	-8714	-8550
	-	22876	25094		
-15	(+) (-)	2500	2500		
1c	+	13940	16062	-4286	-4148
	-	18226	20210		
20	+	22754	31274	-14746	-6226
	-	37500	37500		
22	+	9354	10206	-1546	-8362
	-	13400	21068		
-15	(+) (-)	2500	2500		
2b	+	4056	11430	-9664	-1030
	-	13720	12460		
23	+	6822	6508	-6610	-15758
	-	15932	24766		
-15	(+) (-)	2500	2500		
2c	+	9426	13684	-2572	-2760
	-	11998	16444		
42	+	17545	17180	0	-898
	-	20045	20578		
-15	(+) (-)	2500	2500		
4b	+	14777	15028	-459	126
	-	15236	14902		
44	+	17808	17660	526	62
	-	19782	20098		
-15	(+) (-)	2500	2500		
4d	+	14918	14792	-177	-346
	-	15095	15138		

Skema 5 dan Skema 6

Mengisi kolom-kolom pada Skema 5 dan kolom-kolom pada Skema 6 dengan bantuan daftar 3a Skema 5 (Tabel 7) mempunyai 10 kolom, kolom kedua diisi pertama kali sesuai dengan perintah pada kolom satu dan angka-angkanya dilihat pada Skema 5. Untuk kolom 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, dan 10 dengan melihat angka-angka pada kolom 2 dikalikan dengan faktor pengali sesuai dengan kolom yang ada pada Tabel 7

Tabel 7 Faktor Analisa untuk Pengamatan 15 Hari (15 Piantan)

Skema V		So	M2	S2	N2	K1	O1	M4	MS4
	X00	1							
	X10	0.01	-0.01	0.01	0.03	1	-0.07	0.01	
	X12 - Y1b	-0.02	0.09	-0.01	-0.09	-0.09	1	-0.02	0.02
	X13 - Y1c	0.04	-0.07	0.01	0.13	0.2	-0.59	0.03	
	X20	-0.01	-0.15	1	0.29	0.01		-0.02	
	X22 - Y2b	0.01	1	-0.14	-0.61	-0.02	-0.03	0.03	-0.03
	X23 - Y2c	-0.02	-0.65	0.25	1	0.03		-0.05	-0.01
	X42 - Y4b		0.01		0.01			0.1	1
	X44 - Y4d		-0.01	0.01	0.02			1.01	-0.05
Skema VI		So	M2	S2	N2	K1	O1	M4	MS4
	Y10			-0.01	-0.02	1.01	-0.08	0.01	0.01
	Y12 + X1b		0.05	0.01	-0.05	-0.12	1.05	-0.03	0.01
	Y13 + X1c		-0.02	-0.02	0.09	0.24	-0.65	0.04	0.02
	Y20		-0.16	1	0.3	-0.01	0.02	-0.03	-0.01
	Y22 + X2b		1.04	-0.15	-0.64	0.02	-0.1	0.04	-0.02
	Y23 + X2c		-0.7	0.26	1.03	-0.03	0.09	-0.07	-0.03
	Y42 + X4b		0.02					0.11	1
	Y44 + X4d		-0.03	0.01	0.05			1	-0.06

Tabel 8 Hasil Penyusunan Skema 5 dan Skema 6

Skema V Pr Cos r			So	M2	S2	N2	K1	O1	M4	MS4
	X00	85890	85890							
	X10	-2962	-29.62	29.62	-29.62	-88.86	-2962	207.34	-29.62	
	X12 - Y1b	1308	-26.16	117.72	-13.08	-117.72	-117.72	1308	-26.16	26.16
	X13 - Y1c	-4566	-182.64	319.62	-45.66	-593.58	-913.2	2693.94	-136.98	
	X20	-14746	147.46	2211.9	-14746	-4276.34	-147.46		294.92	
	X22 - Y2b	-516	-5.16	-516	72.24	314.76	10.32	15.48	-15.48	15.48
	X23 - Y2c	-3850	77	2502.5	-962.5	-3850	-115.5		192.5	38.5
	X42 - Y4b	-126		-1.26		-1.26			-12.6	-126
	X44 - Y4d	872		-8.72	8.72	17.44			880.72	-43.6
Skema V Pr Cos r	Jumlah		85870.88	4655.38	-15715.9	-8595.56	-4245.56	4224.76	1147.3	-89.46
	Y10	1638			-16.38	-32.76	1654.38	-131.04	16.38	16.38
	Y12 + X1b	3878		193.9	38.78	-193.9	-465.36	4071.9	-116.34	38.78
	Y13 + X1c	-12836		256.72	256.72	-1155.24	-3080.64	8343.4	-513.44	-256.72
	Y20	-6226		996.16	-6226	-1867.8	62.26	-124.52	186.78	62.26
	Y22 + X2b	-18026		-18747.04	2703.9	11536.64	-360.52	1802.6	-721.04	360.52
	Y23 + X2c	-18330		12831	-4765.8	-18879.9	549.9	-1649.7	1283.1	549.9
	Y42 + X4b	-1357		-27.14					-149.27	-1357
	Y44 + X4d	-115		3.45	-1.15	-5.75			-115	6.9
	Jumlah			-4492.95	-8009.93	-10598.71	-1639.98	12312.64	-128.83	-578.98

Tabel 9 Hasil Perhitungan Skema 7

	So	M2	S2	N2	K1	O1	M4	MS4
V : PR Cos r	85870.880	4655.380	-15715.900	-8595.560	-4245.560	4224.760	1147.300	-89.460
VI : PR sin r		-4492.950	-8009.930	-10598.710	-1639.980	12312.640	-128.830	-578.980
PR	85870.880	6469.866	17639.402	13646.110	4551.298	13017.285	1154.510	585.851
Daftar 3a : P	360	175	214	166	217	177	273	280
Daftar 5 : f		0.966	1.000	0.966	1.105	1.170	0.934	0.966
VII : 1 + W		1.000	1.337	1.042	0.739	1.000	1.000	1.337
V		225.976	0.000	19.991	266.050	319.926	91.953	225.976
Daftar 9 : u		0.873	0.000	0.873	3.174	-3.589	1.746	0.873
VIII : w		0	2.917	-9.797	-2.095	0	0	2.917
Daftar 3a : p		333	345	327	173	160	307	318
Daftar 4 : r		136.017	207.007	410.958	201.121	251.062	353.593	261.217
Jumlah = g		695.867	554.924	749.024	641.250	727.399	754.292	808.983
n x 360°		720	360	720	360	720	720	720
PR : ((P*f)*(1+W)) = A	238.530	38.253	61.653	81.657	25.671	62.840	4.527	1.619
g akhir		-24.133	194.924	29.024	281.250	7.399	34.292	88.983

Skema 7

1. Baris 1 untuk V : $PR \cos r$, merupakan penjumlahan semua bilangan pada kolom-kolom Skema 5 (Tabel 9) untuk masing-masing kolom.
2. Baris 2 untuk VI: $PR \sin r$, merupakan penjumlahan semua bilangan pada kolom-kolom Skema 6 untuk masing-masing kolom.
3. Baris 3 untuk PR dicari dengan rumus :

$$PR = \sqrt{(PR \sin r)^2 + (PR \cos r)^2}$$

4. Baris 4 untuk P didapat dari Tabel 7 untuk masing-masing So, M₂, S₂, N₂, K₁, O₁, M₂, dan MS₄.
5. Baris 5 untuk f didapatkan dengan menggunakan rumus:

Dapatkan nilai s, h, p, dan N

$$s = 277.025 + 129.38481 (Y-1900) + 13.17640 (D+l)$$

$$h = 280,190 - 0,23872 (Y- 1900) + 0,98565 (D+l)$$

$$p = 334,385 + 40,66249 (Y- 1900) + 0,11140 (D+l)$$

$$N = 259,157 - 19,32818 (Y- 1900) - 0,05295 (D+l)$$

Dengan:

Y = tahun dari tanggal tengah pengamatan

D = jumlah hari yang berlalu dari jam 00.00 pada tanggal 1 januari tahun tersebut sampai jam 00.00 tanggal pertengahan pengamatan.

$$l = \text{bagian integral tahun} = \frac{1}{4} (Y - 1901)$$

Contoh :

$$Y = 2010$$

$$\begin{aligned} D &= ((\text{Januari} = 31) + (\text{Febuari} = 28) + (\text{Maret} = 31) + (\text{April} = 30) \\ &\quad + (\text{Mei} = 31) + (\text{Juni} = 30) + (\text{Juli} = 31) + (\text{Agustus} = 30) \\ &\quad + (\text{September yaitu tanggal tengah pada bulan pengamatan} = 17)) \\ &= 259 \end{aligned}$$

$$l = 1/4 * (Y - 1901) = 1/4 * (2010 - 1901) = 26.5$$

Setelah nilai Y , D dan l dapat maka bisa melanjutkan untuk mencari nilai s, h, p dan N.

$$\begin{aligned} s &= 277,025 + 129,38481(Y-1900) + 13,1764(D+l) \\ &= 277,025 + 129,38481(2010-1900) + 13,1764(259+26.5) \\ &= 17883 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h &= 280,190 - 0,23872 (Y- 1900) + 0,98565 (D+l) \\ &= 280,190 - 0,23872 (2010- 1900) + 0,98565 (259+26.5) \\ &= 536.05 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} p &= 334,385 + 40,66249 (Y- 1900) + 0,11140 (D+l) \\ &= 334,385 + 40,66249 (2010- 1900) + 0,11140 (259+26.5) \\ &= 4717.1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N &= 259,157 - 19,32818 (Y- 1900) - 0,05295 (D+l) \\ &= 259,157 - 19,32818 (2012- 1900) - 0,05295 (138+27) \\ &= -1824.1 \end{aligned}$$

Untuk mencari nilai f pada M2, K2, O1, K1, S2, P1, N2, M4, MS4 menggunakan persamaan yang telah ditentukan :

Nilai f :

$$fM2 = 1,0004 - 0,0373 \cos N + 0,0002 \cos 2N$$

$$fK2 = 1,0241 + 0,2863 \cos N + 0,0083 \cos 2N - 0,0015 \cos 3N$$

$$fO1 = 1,0089 + 0,1871 \cos N + - 0,0147 \cos 2N + 0,0014 \cos 3N$$

$$fK1 = 1,0060 + 0,1150 \cos N - 0,0088 \cos 2N + 0,0006 \cos 3N$$

$$fS2 = 1,0 \text{ (Tetap)}$$

$$fP1 = 1,0 \text{ (Tetap)}$$

$$fN2 = fM2$$

$$fM4 = (fM2)^2$$

$$fMS4 = fM2$$

6. Baris 6 untuk (1+W) ditunggu dulu karena pengisiannya merupakan hasil dari kolom – kolom pada skema-VIII.

7. Baris 7 untuk V diperoleh dari persamaan berikut

Nilai V :

- $V M2 = -2s + 2h = -34694.024$

Karena nilainya negatif maka diusahakan agar nilainya positif dengan cara menggunakan nilai kelipatan 360.

Nilai kelipatan yang digunakan adalah $97 \times 360 = 34920$

Jadi nilai awal ditambah dengan nilai pembantu maka menghasilkan perhitungan :

$$= -34694.024 + 34920 = 225.976$$

- $V K1 = h + 90 = 626.05$

Karena nilainya terlalu besar maka diusahakan nilainya menjadi dengan cara menggunakan nilai pembantu kelipatan 360.

Nilai kelipatan yang digunakan adalah $1 \times 360 = 360$

Jadi nilai hasil awal dikurangi dengan nilai pembantu kelipatan 360, maka menghasilkan perhitungan :

$$= 626.05 - 360 = 266.05$$

- $V O1 = -2s + h + 270 = -34960.074$

Karena nilainya bernilai negatif maka diusahakan nilainya menjadi positif dengan cara menggunakan nilai pembantu kelipatan 360.

Nilai kelipatan yang digunakan adalah $98 \times 360 = 35280$

Jadi nilai hasil awal ditambahi dengan nilai pembantu kelipatan 360, maka menghasilkan perhitungan :

$$= -34960.074 + 35280 = 319.926$$

- $V K2 = 2h = 1072.100$

Karena nilainya terlalu besar maka diusahakan nilainya menjadi dengan cara menggunakan nilai pembantu kelipatan 360.

Nilai pembantunya yaitu $2 \times 360 = 720$

Jadi nilai hasil awal ditambahi dengan nilai pembantu kelipatan 360, maka menghasilkan perhitungan :

$$= 1072.100 - 720 = 352.100$$

- $V_{S2} = 0$ (Tetap)
- $V_{P1} = -h + 270 = 0266.050$
- $V_{M4} = 2(V_{M2})$
 $= 2*(-2s + 2h) = -69388.047$

Karena nilainya bernilai negatif maka diusahakan nilainya menjadi positif dengan cara menggunakan nilai pembantu kelipatan 360.

Nilai pembantunya yaitu $193 * 360 = 69480$

Jadi nilai hasil awal ditambahi dengan nilai pembantu kelipatan 360, maka menghasilkan perhitungan :

$$= -69388.047 + 69480 = 91.953$$

- $V_{MS4} = V_{M2} = -2s + 2h = -34694.024$

Karena nilainya negatif maka diusahakan agar nilainya positif dengan cara menggunakan nilai kelipatan 360.

Nilai kelipatan yang digunakan adalah $97*360 = 34920$

Jadi nilai awal ditambah dengan nilai pembantu maka menghasilkan perhitungan :

$$= -34694.024 + 34920 = 225.976$$

8. Untuk nilai u diperoleh dari daftar atau berdasarkan persamaan berikut

Pertama dapatkan nilai s , h , p dan N dari persamaan yang telah dijelaskan sebelumnya pada langkah ke-5. Setelah nilai s , h , p dan N diperoleh maka nilai u pada masing-masing komponen dapat dihitung dengan persamaan berikut:

Nilai u :

- $u_{M2} = -2,14 \sin N$
- $u_{K2} = -17,74 \sin N + 0,68 \sin N - 0,04 \sin 3N$
- $u_{K1} = -8,86 \sin N + 0,68 \sin 2N - 0,07 \sin 3N$
- $u_{O1} = 10,80 \sin N - 1,34 \sin 2N + 0,19 \sin 3N$

- $u_{S2} = 0$ (Tetap)
- $u_{P1} = 0$ (Tetap)
- $u_{M4} = 2(u_{M2})$
- $u_{MS4} = u_{M2}$
- $u_{N2} = u_{M2}$

9. Baris 9 untuk w diperoleh dari skema-VIII.

10. Baris 10 untuk p diisi dengan harga p yang ada di Tabel 7 sesuai dengan masing – masing kolom.

11. Baris 11 untuk r ditentukan dari : $r = \arctan \frac{PR \sin r}{PR \cos r}$, sedangkan untuk harga nya dilihat dari tanda pada masing – masing kuadran.

12. Baris 15 untuk g ditentukan dari : $g = V + u + w + p + r$

13. Baris 16 untuk $n \times 360^\circ$ ditentukan dari kelipatan 360° , maksudnya untuk mencari harga

kelipatan 360° terhadap g , besaran tersebut diisikan pada baris ke 13.

14. Baris 17 untuk A ditentukan dengan rumus : $A = \frac{PR}{pf(1+w)}$

15. Baris 18 untuk g akhir ditentukan dari : $g - (n \times 360)$

Tabel 10 Hasil Perhitungan Skema 8

w dan (1+W), S2, MS4	
VII : K1 : V	266.050
VII : K1 : u	3.174
Jumlah : V + u	269.225
Daftar 10 : S2 : w/f	2.259
Daftar 10 : S2 : W/f	0.261
Daftar 5 : K2 : f	1.291
w	2.917
W	0.337
1+W	1.337
w dan (1+W), K1	
VII : K1 : 2V	532.100
VII : K1 : u	3.174
Jumlah : 2V + u	535.275
Daftar 10 : K1 : wf	-2.315
Daftar 10 : K1 : Wf	-0.288
Daftar 5 : K1 : f	1.105
w	-2.095
W	-0.261
1+W	0.739
w dan (1+W), N2	
VII : M2 : 3V	677.929
VII : N2 : 2V	39.981
Selisih (M2 - N2)	637.948
Daftar 10 : N2 : w	-9.797
Daftar 10 : N2 : 1+W	1.042

$S_2, MS_2, 2MS_2$			K_1, MK_1			$N_2, MN_2, 2MN_2$		
sudut(°)	w/FK ₁ (°)	W/FK ₁ (°)	sudut (0)	w/FK ₁ (°)	W/FK ₁ (°)	sudut (0)	w/FK ₁ (°)	W/FK ₁ (°)
0	0,7	-0,214	0	0	0,3331	0	0	1,184
10	-6,6	-0,192	10	-2,5	0,316	10	1,6	1,182
20	-12,3	-0,131	20	-4,9	0,297	20	3,1	1,174
30	-15,5	-0,046	30	-7,3	0,271	30	4,6	1,163
40	-16,5	0,047	40	-9,6	0,239	40	5,9	1,147
50	-15,6	0,134	50	-11,8	0,201	50	7,2	1,127
60	-13,4	0,207	60	-13,8	0,157	60	8,3	1,104
70	-10,3	0,258	70	-15,6	0,107	70	9,2	1,077
80	-6,6	0,284	80	-17,1	0,053	80	9,9	1,048
90	-2,6	0,284	90	-18,3	-0,003	90	10,4	1,017
100	1,6	0,256	100	-19,1	-0,06	100	10,6	0,984
110	5,6	0,204	110	-19,3	-0,118	110	10,4	0,953
120	9,2	0,131	120	-19	-0,173	120	10	0,922
130	12	0,041	130	-17,8	-0,224	130	9,1	0,893
140	13,7	-0,058	140	-15,9	-0,268	140	7,8	0,867
150	13,6	-0,157	150	-13,1	-0,302	150	6,2	0,846
160	11,2	-0,25	160	-9,3	-0,323	160	4,3	0,83
170	6	-0,307	170	-4,9	-0,331	170	2,2	0,819
180	-0,9	-0,33	180	0	-0,302	180	0	0,816
190	-7,8	-0,308	190	4,9	-0,323	190	-2,2	0,819
200	-12,6	-0,247	200	9,3	-0,302	200	-4,3	0,83
210	-14,8	-0,163	210	13,1	-0,268	210	-6,2	0,846
220	-14,8	-0,067	220	15,9	-0,224	220	-7,8	0,867
230	-13	0,029	230	17,8	-0,173	230	-9,1	0,893
240	-9,8	0,115	240	19	-0,118	240	10	0,922
250	-6	0,186	250	19,3	-0,06	250	-10,4	0,953
260	-1,8	0,236	260	19,1	-0,003	260	-10,6	0,984
270	2,6	0,263	270	18,3	0,053	270	-10,4	1,017
280	6,9	0,265	280	17,1	0,107	280	-9,9	1,048
290	10,8	0,241	290	15,6	0,157	290	-9,2	1,077
300	14,1	0,192	300	13,8	0,201	300	-8,3	1,104
310	16,5	0,124	310	11,8	0,239	310	-7,2	1,127
320	17,5	0,039	320	9,6	0,271	320	-5,9	1,147
330	16,8	0,051	330	7,3	0,297	330	-4,6	1,163
340	13,7	-0,133	340	4,9	0,316	340	-3,1	1,174
350	8	-0,193	350	2,5	0,327	350	-1,6	1,182
360	0,7	-0,214	360	0	0,331	360	0	1,184
sudut = V + u			sudut = 2V + u			sudut = 3V		
sudut K ₁			untuk K ₁			untuk M minus		
F=FK ₁			F=FK ₁			2V untuk N		

Skema 8

Tabel 10 dibagi menjadi 3 (tiga) kelompok, yaitu :

1. Untuk menghitung (1+W) dan w untuk S2 dan MS4.

- Baris 1 adalah harga V untuk K1 ; Misal : V = 266.050
- Baris 2 adalah harga u untuk K1 ; Misal : u = 3.174
- Baris 3 adalah penjumlahan V dan u atau (V + u) merupakan satuan sudut. Misal : (V + u) = 269.225

- Baris 4 adalah w/f diperoleh dengan cara interpolasi menggunakan Tabel 11. Sehingga didapat nilai w/f pada sudut $(V + u) = 269.225$ adalah 2.259
- Baris 5 adalah W/f diperoleh dengan cara interpolasi menggunakan Tabel 11. Sehingga didapat nilai W/f pada sudut $(V + u) = 269.225$ adalah 0.261
- Baris ke 6 adalah f diperoleh dengan menggunakan rumus $fK2 = 1,0241 + 0,2863 \cos N + 0,0083 \cos 2N - 0,0015 \cos 3N$. Nilai N menggunakan rumus yang sama pada perhitungan di Skema 7
- Baris 7 adalah w diperoleh dengan cara
 $w = w/f \text{ (baris 4)} \times f \text{ (baris 6)}$
- Baris 8 adalah W diperoleh dengan cara :
 $W = W/f \text{ (baris 5)} \times f \text{ (baris 6)}$.
- Baris 9 adalah $(1+W)$ diperoleh dengan cara :
 $1+W \text{ (baris 8)}$

2. Untuk menghitung $(1+W)$ dan w untuk S2 dan MS4.

- Baris 1 adalah harga 2V untuk K_1 ;
 Nilai pada baris 1 = $2 \times 266.05 = 532.100$
- Baris 2 adalah harga u untuk K_1 ; Misal : $u = 3.174$
- Baris 3 adalah penjumlahan 2V dan u atau $(2V + u)$ merupakan satuan sudut. Misal : $(2V + u) = 535.275$
- Baris 4 adalah w/f diperoleh dengan cara interpolasi menggunakan Tabel 11. Sehingga didapat nilai wf pada sudut $(V + u) = 535.275$ adalah -2.315
- Baris 5 adalah W/f diperoleh dengan cara interpolasi menggunakan Tabel 11. Sehingga didapat nilai Wf pada sudut $(V + u) = 269.225$ adalah -0.288
- Baris 6 adalah f yang diperoleh pada Skema 7 (Tabel 9)
- Baris 7 adalah w diperoleh dengan cara
 $w = wf \text{ (baris 4)} / f \text{ (baris 6)}$
- Baris 8 adalah W diperoleh dengan cara :
 $W = Wf \text{ (baris 5)} / f \text{ (baris 6)}$.
- Baris 9 adalah $(1+W)$ diperoleh dengan cara :

1+W (baris 8)

3. Untuk menghitung (1+W) dan w untuk N2 :

- Baris 1 adalah harga 3V untuk M2 (Baris ke 7 Skema 7).

Jadi 3V untuk M2 = 677.929

- Baris 2 adalah harga 2V untuk N2 (Baris ke 7 Skema 7).

Jadi 2V untuk N2 = 39.981

- Baris 3 adalah selisih 3V dan 2V atau (3V – 2V) merupakan satuan sudut.

Jadi (3V – 2V) = 637.948

Karena nilainya terlalu besar maka dikurangi dengan kelipatan 360. Sehingga didapat (3V-2V) = 277.948

- Baris 4 adalah w diperoleh dengan cara interpolasi menggunakan Tabel 11. Sehingga didapat nilai w pada sudut 277.948 adalah -9.797

- Baris 5 adalah 1+ W diperoleh dengan cara interpolasi menggunakan Tabel 11. Sehingga didapat nilai 1+W pada sudut 277.948 adalah 1.042

Setelah selesai pindahkan harga amplitude (A) dan kelambatan fase (ϕ) untuk setiap komponen dari Skema 7 ke hasil terakhir dengan nilai pembulatan.

Tabel 11 Hasil Akhir Perhitungan Pasang Surut Metode Admiralty

Hasil Akhir										
	S0	M2	S2	N2	K1	O1	M4	MS4	K2	P1
Acm	238.530	38.253	61.653	81.657	25.671	62.840	4.527	1.619	64.403	8.472
ϕ°		335.867	194.924	29.024	281.250	7.399	34.292	88.983	194.924	281.250

Tabel 12 Kecepatan dan Arah Angin Maksimum Tahun 2006-2009

Tahun	Bulan	Kecepatan Agin Maksimum	Arah Angin Dominan
		Knot	Derajat
2006	Jan	9	45
	Feb	8	135
	Mar	12	360
	Apr	9	90
	May	10	45
	Jun	10	360
	Jul	18	360
	Aug	10	360
	Sep	12	90
	Oct	12	180
	Nov	15	135
	Dec	10	45
2007	Jan	10	360
	Feb	10	360
	Mar	10	90
	Apr	10	90
	May	15	45
	Jun	15	90
	Jul	8	360
	Aug	10	90
	Sep	10	180
	Oct	15	360
	Nov	8	45
	Dec	13	90

Tabel 13 Kecepatan dan Arah Angin Maksimum Tahun 2006-2009 (Lanjutan)

Tahun	Bulan	Kecepatan Agin Maksimum	Arah Angin Dominan
		Knot	Derajat
2008	Jan	15	135
	Feb	10	360
	Mar	20	45
	Apr	25	135
	May	10	360
	Jun	14	45
	Jul	17	135
	Aug	17	135
	Sep	10	135
	Oct	15	360
	Nov	10	135
	Dec	12	180
2009	Jan	10	135
	Feb	16	360
	Mar	10	90
	Apr	10	360
	May	25	45
	Jun	15	180
	Jul	15	180
	Aug	12	135
	Sep	20	90
	Oct	10	180
	Nov	12	180
	Dec	8	180

(Sumber: PT. Gracia Widyakarsa, Semarang)

PELAYANAN DATA

Diberikan kepada,

Instansi : Arum Alamratri

No. Surat : 068931/IT2.3.I.1/PM.05.02/2016

Tgl Surat : 22 November 2016

Data yang diberikan,

Lokasi : Satsiun Meteorologi Juwata Tarakan

Lintang : 03°19'60" LU

Bujur : 117°34' BT

Elevasi : 20 meter

Data Kecepatan Angin Rata-rata (knot)

TAHUN	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
2010	4.8	4.3	5.0	4.2	3.2	3.0	3.9	4.2	3.8	4.5	2.7	2.9
2011	4.2	4.1	4.0	3.1	3.5	3.6	3.8	3.3	4.3	3.5	3.6	4.1
2012	3.7	4.1	3.3	3.0	3.6	3.7	4.0	3.7	4.0	*	*	*
2013	4.3	3.6	4.3	3.4	3.2	3.4	6.0	4.4	6.6	5.7	4.5	3.4
2014	9.3	7.1	7.4	5.0	3.8	5.4	3.8	3.8	4.0	3.8	3.4	1.8
2015	2.8	2.7	2.1	2.1	2.1	2.1	3.0	2.8	2.0	2.1	2.0	2.4

Data Arah Angin Maksimum (derajat)

TAHUN	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
2010	360	45	90	90	90	135	315	360	45	225	90	45
2011	315	90	270	135	180	180	180	225	180	135	180	270
2012	315	90	90	315	315	360	315	270	135	*	*	*
2013	320	320	90	90	135	360	310	200	180	180	320	270
2014	320	90	90	315	300	180	300	300	180	300	260	180
2015	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360

Data Kecepatan Angin Maksimum (knot)

TAHUN	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
2010	12	14	13	10	9	12	11	18	17	25	8	21
2011	16	19	11	14	19	16	23	19	21	12	18	18
2012	12	11	15	17	18	20	24	20	29	*	*	*
2013	21	18	11	16	16	18	19	22	17	21	12	14
2014	19	15	11	20	12	35	12	12	20	12	13	30
2015	17	11	12	12	13	19	17	18	20	10	9	12

Kepala Sub Bidang

Manajemen Database MKKug

RETNO KUMALAWATI, ST

NIP. 196006141981032001

Tabel 14 Kecepatan dan Arah Angin Tahun 2016

Kecepatan Angin (Knot)	Bulan	Januari																														
	Jam	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
	00:00	4	0	3	4	5	0	0	4	6	3	2	0	5	4	5	0	0	0	5	0	5	0	3	4	5	0	3	3	3	0	4
	03:00	8	7	6	5	2	6	5	8	5	7	0	6	8	5	6	5	7	5	8	0	0	3	4	8	8	8	8	6	3	6	8
	06:00	6	5	3	2	3	0	4	6	5	4	5	5	5	2	2	0	0	5	6	5	3	5	8	5	4	0	5	5	4	5	6
	09:00	4	6	9	7	3	3	3	4	6	5	5	5	5	4	4	0	0	5	5	3	0	5	4	5	3	5	0	4	5	5	6
	12:00	0	0	5	0	0	0	0	3	4	0	2	0	5	5	0	0	0	5	5	0	0	0	0	5	0	0	0	3	3	3	2
	15:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	4	3	0	0	0	0	12	5	0	0	0	0	4	0
	18:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	5	5	7	0	0	0	0	0	0
	21:00	0	0	0	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	5	5	0	0	4	4	3	0	0	0	0	0	0
Arah Angin (°)	Bulan	Januari																														
	Jam	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
	00:00	315	0	300	270	315	0	0	360	315	330	290	0	360	360	330	0	0	0	30	0	30	0	30	360	330	0	270	360	360	0	360
	03:00	360	315	330	250	290	360	290	45	315	315	0	30	330	315	30	330	250	315	360	0	0	225	330	330	330	315	290	30	90	330	30
	06:00	45	270	330	60	225	0	180	250	20	360	200	180	90	290	225	0	0	180	30	160	225	225	330	315	360	0	315	90	200	360	45
	09:00	90	90	90	60	180	90	90	90	90	90	50	50	90	50	90	0	0	90	90	120	0	180	180	50	90	120	0	225	180	50	50
	12:00	0	0	90	0	0	0	0	50	90	0	90	0	50	90	0	0	0	90	90	0	0	0	0	90	0	0	0	225	90	50	90
	15:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	50	50	0	0	0	0	45	360	0	0	0	0	50	0
	18:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	200	30	360	30	0	0	0	0	0	0
	21:00	0	0	0	315	250	0	0	0	0	0	0	0	0	360	0	0	0	0	45	290	0	0	360	360	330	0	0	0	0	0	0

Tabel 15 Kecepatan dan Arah Angin Tahun 2016 (lanjutan)

	Bulan	Februari																												
	Jam	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
	00:00	2	0	3	7	0	0	0	3	7	7	0	2	3	6	5	5	5	6	5	5	5	6	6	6	5	6	6	3	5
Kecepatan Angin (Knot)	03:00	7	8	3	8	5	3	5	3	3	8	5	5	4	0	8	6	7	5	4	8	10	9	9	8	6	6	7	6	5
	06:00	3	4	3	2	0	7	5	7	5	3	7	5	3	0	8	5	9	5	4	8	9	5	6	4	3	5	8	7	10
	09:00	0	6	6	3	7	5	5	5	5	4	5	6	3	3	4	8	7	8	3	4	5	6	5	5	4	5	7	8	5
	12:00	0	4	0	0	0	0	9	9	4	0	6	4	0	0	6	5	6	5	3	4	8	7	3	5	0	3	4	3	3
	15:00	0	3	0	0	0	0	4	5	0	0	0	0	0	0	4	0	4	3	0	9	0	3	0	10	0	0	6	6	3
	18:00	0	5	0	0	0	0	3	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	3	4	0	4	0	5	3	0	5	0	3
	21:00	0	4	0	0	0	0	0	0	0	6	4	0	0	0	4	0	0	5	3	0	5	0	5	3	4	0	0	0	5
Arah Angin (°)	Bulan	Februari																												
	Jam	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
	00:00	360	0	360	90	0	0	0	360	45	315	0	50	330	270	360	30	330	360	135	360	360	360	30	330	360	315	330	360	360
	03:00	315	290	160	0	330	200	45	30	290	315	30	50	250	0	290	330	30	360	290	360	30	315	30	330	315	360	330	360	330
	06:00	360	200	50	0	0	180	30	30	120	50	180	50	180	0	135	250	50	360	360	360	50	50	45	30	270	180	290	90	180
	09:00	0	90	120	0	90	90	180	50	120	90	90	90	180	90	90	120	120	90	90	50	90	120	90	90	120	90	160	90	120
	12:00	0	90	0	330	0	0	90	90	50	0	90	120	0	0	50	90	90	90	90	50	90	90	90	50	*	120	90	90	50
	15:00	0	50	0	30	0	0	90	90	0	0	0	0	0	0	45	0	50	90	0	45	0	50	0	30	0	0	50	50	50
	18:00	0	360	0	50	0	0	30	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	360	50	30	0	30	0	30	330	0	90	0	315
	21:00	0	360	0	120	0	0	0	0	0	30	120	0	0	0	360	0	0	360	330	0	360	0	360	330	330	0	0	0	30

Tabel 16 Kecepatan dan Arah Angin Tahun 2016 (lanjutan)

Kecepatan Angin (Knot)	Bulan	Maret																														
	Jam	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
	00:00	4	5	0	4	3	0	0	5	6	0	0	11	4	0	4	6	7	0	3	0	4	4	0	3	3	6	4	6	5	3	5
	03:00	6	0	3	4	0	4	8	5	5	8	4	6	3	3	6	4	0	5	6	5	3	7	6	5	9	5	0	6	6	0	*
	06:00	6	4	6	4	3	6	5	4	6	6	5	3	3	4	5	3	6	3	5	3	3	7	5	4	5	4	3	8	0	3	0
	09:00	7	*	7	5	4	6	4	8	6	5	6	8	3	5	4	8	4	4	9	5	4	8	7	6	4	3	4	7	5	4	6
	12:00	5	0	3	5	2	3	0	4	2	0	4	6	0	0	4	3	3	18	6	4	2	4	5	4	0	0	0	3	4	3	5
	15:00	5	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	5	0	0	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0
	18:00	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	21:00	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0	*	*	3	0	5	0	4	0	0	0	0	4	0	0	0	2	0	5	0	0	0
Arah Angin (°)	Bulan	Maret																														
	Jam	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
	00:00	330	30	0	360	30	0	0	290	120	0	0	360	45	0	120	45	45	0	45	0	30	45	0	180	250	360	290	360	330	315	360
	03:00	45	0	180	45	0	225	30	330	90	315	330	30	30	250	180	45	0	315	45	45	160	30	250	180	30	290	0	360	30	0	*
	06:00	180	225	180	200	200	120	180	180	90	180	50	30	290	180	90	135	200	50	50	180	120	45	180	50	30	315	225	30	0	225	0
	09:00	50	*	50	90	90	120	90	90	50	90	120	90	250	160	90	90	90	90	135	90	90	90	50	90	120	0	120	90	90	180	90
	12:00	50	0	50	90	90	90	0	120	90	0	50	90	0	0	90	90	50	90	120	90	90	90	90	120	0	0	0	90	90	120	135
	15:00	50	90	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90	0	0	0	90	0	0	0	0	0	315	0	0	0	50	0	0
	18:00	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0	360	0	0	0	0	0	0
	21:00	45	135	0	0	0	0	0	0	0	0	*	*	360	0	160	0	90	0	0	0	0	30	0	0	0	30	0	360	0	0	0

Tabel 17 Kecepatan dan Arah Angin Tahun 2016 (lanjutan)

Kecepatan Angin (Knot)	Bulan	April																													
	Jam	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	00:00	*	0	0	3	0	3	4	3	0	4	5	0	2	*	6	3	0	6	0	*	0	6	2	3	3	3	3	5	0	5
	03:00	4	7	4	3	7	6	6	4	5	5	4	4	4	4	5	6	5	7	0	4	3	4	4	4	4	7	5	3	4	4
	06:00	4	7	3	5	5	57	10	0	6	5	0	5	4	4	5	5	4	8	3	7	4	94	4	5	4	0	0	5	0	5
	09:00	5	7	6	6	5	8	6	5	7	6	4	5	6	3	3	5	8	8	5	6	6	5	7	4	6	3	*	5	4	4
	12:00	0	0	3	5	0	5	0	3	4	4	4	3	4	2	0	3	3	0	3	0	*	3	3	3	0	0	3	0	0	0
	15:00	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	4	3	2	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	2	3	0	0	0	*	0
	18:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	4	7	0	3	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
21:00	*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	5	4	0	0	
Arah Angin (°)	Bulan	April																													
	Jam	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	00:00	*	0	0	200	0	90	330	315	0	270	330	0	290	*	270	290	0	30	0	*	0	270	90	225	315	45	250	360	0	120
	03:00	90	200	250	200	120	120	250	270	120	160	270	180	270	270	360	290	270	270	0	4	200	200	200	180	225	315	200	270	225	360
	06:00	30	120	50	90	90	120	90	0	120	180	0	200	225	160	250	160	135	180	180	7	50	90	200	180	180	0	0	90	0	180
	09:00	90	90	90	90	90	90	90	90	120	120	180	90	90	50	180	90	90	120	90	6	90	90	90	90	90	90	*	90	45	90
	12:00	0	0	120	120	0	90	0	90	120	120	90	90	90	50	0	90	30	0	90	0	*	90	90	90	0	0	90	0	0	0
	15:00	0	0	0	135	0	0	0	0	0	0	0	90	120	90	0	0	0	90	0	0	0	0	0	90	90	0	0	0	*	0
	18:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	135	330	0	50	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0
21:00	*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	270	360	290	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	330	30	290	0	0	

Tabel 18 Kecepatan dan Arah Angin Tahun 2016 (lanjutan)

Kecepatan Angin (Knot)	Bulan	Mei																														
	Jam	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
	00:00	0	0	4	3	3	4	3	5	5	5	0	7	0	5	5	4	5	3	4	5	3	0	4	4	0	3	0	6	0	5	3
	03:00	3	5	5	3	7	7	5	5	2	4	4	5	4	7	5	0	0	6	7	3	3	3	5	5	3	5	0	5	4	5	4
	06:00	5	6	5	5	0	0	2	6	4	4	5	3	4	4	3	5	0	6	7	5	5	2	7	3	4	3	4	5	6	3	
	09:00	5	4	4	2	4	4	8	2	4	5	6	3	5	4	0	3	5	*	4	3	7	3	5	4	0	4	4	4	6	3	5
	12:00	3	0	4	0	0	0	4	0	0	0	0	0	5	0	3	0	0	0	0	3	4	0	5	2	0	0	4	0	0	0	5
	15:00	0	0	0	0	4	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*	0	3	8	7	0	0	0	0	0	0	4
	18:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	6	0	0	0	5	5	2	0	0	0	0	0	0	0
	21:00	0	0	0	5	3	0	3	5	0	0	0	0	5	0	0	0	5	0	*	3	3	4	5	0	0	0	0	0	0	3	7
Arah Angin (°)	Bulan	Mei																														
	Jam	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
	00:00	0	0	290	315	360	290	360	160	290	270	90	290	0	315	290	270	315	315	315	30	330	0	270	250	0	45	0	315	0	290	0
	03:00	160	180	290	315	315	160	270	160	330	180	50	315	250	330	250	0	0	250	290	200	180	50	270	180	180	200	0	225	360	200	0
	06:00	90	200	360	90	0	0	330	330	360	180	0	225	200	180	200	200	0	330	330	200	200	90	180	200	270	180	200	180	315	120	0
	09:00	90	90	50	90	45	90	120	360	90	180	45	50	90	120	0	50	180	*	270	50	120	90	120	50	0	90	90	90	250	50	330
	12:00	120	0	30	0	0	0	90	0	0	0	0	0	50	0	90	0	0	0	0	50	90	0	135	90	0	0	30	0	0	0	0
	15:00	0	0	0	0	360	0	0	330	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*	0	330	225	30	0	0	0	0	0	0	0
	18:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	160	0	0	0	0	30	0	315	0	0	0	225	315	315	0	0	0	0	0	0	0
	21:00	0	0	0	135	360	0	180	330	0	0	120	0	120	0	0	0	315	0	*	290	250	330	270	0	0	0	0	0	0	330	0

Tabel 19 Kecepatan dan Arah Angin Tahun 2016 (lanjutan)

Kecepatan Angin (Knot)	Bulan	Juni																													
	Jam	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	00:00	4	3	5	3	5	0	5	3	0	5	5	3	0	7	6	3	4	3	4	0	0	0	0	0	0	4	*	4	0	0
	03:00	5	3	6	6	6	4	0	5	3	3	5	2	0	4	6	6	0	5	5	4	4	4	5	0	*	3	3	2	0	3
	06:00	6	5	0	6	3	3	5	4	4	3	4	3	4	5	4	0	*	5	3	0	3	7	*	0	5	4	3	4	4	5
	09:00	2	5	7	0	7	5	3	85	4	5	0	6	4	5	5	4	3	6	9	3	3	0	5	0	3	4	0	0	3	3
	12:00	*	0	3	0	0	3	4	0	0	0	0	4	0	0	0	3	0	0	0	0	6	0	0	0	2	3	0	3	0	0
	15:00	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	8	0	3	0	0	0	0	0
	18:00	4	0	10	3	0	0	0	5	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	5	0	0	0	6	0	0
	21:00	2	0	45	0	0	0	5	5	3	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	5	3	3	4	0	0	0	0	0	0
Arah Angin (°)	Bulan	Juni																													
	Jam	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	00:00	270	315	315	315	300	0	315	360	0	300	180	270	0	315	300	300	200	270	300	0	0	0	0	0	0	250	*	315	0	0
	03:00	250	270	270	300	270	225	0	250	360	180	300	180	0	315	225	150	0	225	200	225	270	270	180	0	*	335	270	180	0	180
	06:00	180	330	0	315	300	180	180	200	270	180	315	200	270	180	180	0	*	150	220	0	200	330	*	0	250	180	270	50	30	120
	09:00	180	50	90	0	90	90	50	0	45	90	0	50	90	120	150	90	90	150	120	50	90	0	90	0	300	90	0	0	90	160
	12:00	*	0	50	0	0	90	90	0	0	0	0	120	0	0	0	90	0	0	0	0	90	0	0	0	90	90	0	90	0	0
	15:00	0	0	0	0	0	0	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150	0	270	0	90	0	0	0	0	0
	18:00	330	0	330	360	0	0	0	30	0	0	0	0	360	0	0	0	0	0	315	0	0	0	225	0	0	0	0	200	0	0
	21:00	315	0	250	0	0	0	250	315	330	0	0	0	0	330	0	0	0	0	0	0	225	150	180	180	0	0	0	0	0	0

Tabel 20 Kecepatan dan Arah Angin Tahun 2016 (lanjutan)

Kecepatan Angin (Knot)	Bulan	Juli																														
	Jam	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
	00:00	3	0	4	2	0	3	3	5	0	0	7	2	5	2	4	2	3	3	4	0	0	4	3	3	0	0	0	3	6	3	7
	03:00	5	2	4	3	4	4	0	3	0	4	4	3	4	4	5	3	6	4	3	0	4	7	4	5	4	4	3	3	5	3	5
	06:00	5	3	0	3	6	3	3	0	3	4	0	4	4	2	0	0	6	0	4	3	7	6	5	3	4	0	0	3	0	3	5
	09:00	5	5	4	3	6	3	2	3	4	4	3	4	4	6	3	5	4	0	5	5	3	4	5	5	6	4	0	5	3	7	4
	12:00	3	0	3	0	5	4	0	0	0	0	2	0	0	6	0	3	0	3	0	3	0	3	0	5	4	4	0	3	0	3	3
	15:00	7	0	5	0	5	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	6	0
	18:00	0	3	*	0	7	*	0	12	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	4	3	0	4	0	3
	21:00	0	4	0	0	3	7	0	4	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	5	5	4	0	5	8	0	0	0	0	6	0
Arah Angin (°)	Bulan	Juli																														
	Jam	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
	00:00	330	0	360	330	0	360	45	270	0	0	30	300	300	315	315	315	270	200	315	0	0	315	150	330	0	0	0	360	225	180	180
	03:00	250	180	270	200	150	225	0	270	0	180	270	200	270	200	250	200	360	150	250	0	225	270	250	315	225	300	315	180	250	225	180
	06:00	180	150	0	180	180	200	225	0	225	200	0	200	200	135	0	0	270	0	250	270	180	270	180	180	150	0	0	300	0	200	200
	09:00	90	50	50	200	90	180	90	180	150	90	120	50	90	90	90	90	90	0	90	180	50	180	150	180	120	135	0	90	45	180	180
	12:00	90	0	120	0	90	90	0	0	0	0	90	0	0	90	0	50	0	90	0	50	0	50	0	120	150	135	0	45	0	50	150
	15:00	225	0	200	0	120	0	0	0	0	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	300	0	0	0	225	0
	18:00	0	300	*	0	330	*	0	250	0	0	0	300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	300	30	30	0	300	0	180
	21:00	0	30	0	0	360	360	0	270	0	0	0	315	0	0	0	0	0	0	0	360	180	330	0	330	360	0	0	0	0	200	0

Tabel 21 Kecepatan dan Arah Angin Tahun 2016 (lanjutan)

Kecepatan Angin (Knot)	Bulan	Agustus																														
	Jam	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
	00:00	5	0	3	0	0	5	0	4	0	6	3	0	5	5	0	9	0	5	0	0	4	5	0	8	4	0	4	7	0	6	4
	03:00	6	4	5	4	5	4	4	5	0	5	5	7	5	4	5	3	3	4	4	5	4	5	5	5	4	5	4	0	5	6	7
	06:00	6	3	4	6	4	4	0	6	3	4	4	5	4	3	4	6	3	5	3	5	6	10	0	4	3	6	2	4	3	6	4
	09:00	4	3	4	3	6	0	4	3	3	7	6	2	3	4	4	6	5	4	0	0	6	6	2	5	6	0	9	4	6	6	3
	12:00	5	0	0	0	7	0	4	0	8	3	3	4	5	0	8	0	3	0	3	0	3	0	3	4	6	0	5	2	0	0	0
	15:00	7	0	0	3	12	0	0	0	0	5	0	0	0	4	7	2	0	10	0	7	0	2	0	4	0	0	4	0	0	0	0
	18:00	9	10	0	0	5	4	4	0	0	4	10	5	0	3	6	8	25	9	0	5	0	2	0	4	8	0	5	0	0	0	0
	21:00	5	3	3	0	5	0	0	0	0	0	7	4	5	4	3	0	5	3	0	2	5	0	0	4	0	5	6	4	4	0	0
Arah Angin (°)	Bulan	Agustus																														
	Jam	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
	00:00	180	0	270	0	0	270	0	135	0	200	30	0	270	300	0	300	0	270	0	0	250	180	0	225	250	0	270	270	0	300	300
	03:00	200	180	300	90	225	180	225	360	0	200	180	300	270	180	300	300	225	180	315	270	180	180	180	200	250	250	250	0	270	225	270
	06:00	180	200	200	250	200	150	0	315	200	180	225	225	200	200	180	180	180	150	150	200	150	330	0	180	225	315	150	180	135	180	360
	09:00	135	90	45	150	90	0	90	50	180	90	90	180	150	150	135	90	90	90	0	0	150	270	90	90	120	0	180	90	120	90	90
	12:00	135	0	0	0	120	0	120	0	120	90	50	135	150	0	120	0	50	0	50	0	120	0	120	120	180	0	120	90	0	0	0
	15:00	150	0	0	360	315	0	0	0	0	120	0	0	0	120	135	90	0	225	0	315	0	200	0	120	0	0	120	0	0	0	0
	18:00	270	260	0	0	330	270	250	0	0	150	225	300	0	120	360	315	270	330	0	225	0	200	0	180	270	0	250	0	0	0	0
	21:00	330	30	120	0	315	0	0	0	0	0	225	270	270	90	360	0	360	250	0	250	180	0	0	315	0	250	315	270	270	0	0

Tabel 22 Kecepatan dan Arah Angin Tahun 2016 (lanjutan)

Kecepatan Angin (Knot)	Bulan	September																														
	Jam	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
	00:00	0	3	5	4	3	2	3	0	0	5	3	3	0	3	4	3	4	0	3	4	0	0	5	3	0	0	7	3	0	2	
	03:00	3	4	3	6	4	7	3	4	4	3	4	7	5	5	4	3	5	5	3	5	5	5	5	7	4	5	3	4	2	5	6
	06:00	4	3	0	4	3	4	5	3	0	3	6	3	4	4	3	3	5	3	0	4	6	4	5	4	2	0	0	4	7	0	3
	09:00	5	7	3	4	2	3	0	0	20	6	6	3	4	6	5	0	0	3	4	6	0	7	8	3	4	5	5	7	5	5	
	12:00	0	6	0	5	5	12	3	0	2	6	4	0	0	3	4	0	2	0	0	0	0	5	0	0	0	4	2	0	0	0	
	15:00	0	0	0	11	0	0	0	0	12	0	7	0	5	0	7	0	0	0	12	0	0	8	0	0	15	0	0	0	0	0	
	18:00	0	10	13	3	4	6	0	0	0	8	8	4	0	0	0	17	0	0	6	0	0	4	0	3	0	0	0	5	0	0	
	21:00	0	5	0	0	2	5	0	4	0	4	0	5	3	4	0	3	2	0	4	0	3	0	3	0	6	4	0	0	4	0	
Arah Angin (°)	Bulan	September																														
	Jam	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
	00:00	0	180	360	270	330	315	300	0	0	300	315	315	0	180	270	225	150	0	250	300	0	0	250	360	0	0	270	360	0	200	
	03:00	300	180	300	270	180	270	250	90	270	200	315	300	180	225	270	225	300	200	200	250	330	270	270	360	200	200	200	360	360	250	
	06:00	180	90	0	270	135	250	200	90	0	300	135	180	180	180	180	225	315	200	0	50	360	90	270	180	0	0	225	270	0	200	
	09:00	90	50	90	90	180	180	0	0	225	90	90	90	180	90	90	0	0	120	180	90	0	135	200	180	360	150	150	330	90	250	
	12:00	0	90	0	120	90	270	90	0	90	135	90	0	0	90	120	0	90	0	0	0	0	135	0	0	0	90	90	0	0	0	
	15:00	0	0	0	270	0	0	0	0	225	0	315	0	225	0	135	330	0	0	135	0	0	315	0	0	315	0	0	0	0	0	
	18:00	0	30	315	330	360	300	0	0	0	200	330	300	0	0	0	0	225	0	0	315	0	0	300	0	300	0	0	0	330	0	
	21:00	0	315	0	0	330	360	0	300	0	250	0	180	150	270	0	120	315	0	315	0	225	0	360	0	300	270	0	0	330	0	

Tabel 23 Kecepatan dan Arah Angin Tahun 2016 (lanjutan)

Kecepatan Angin (Knot)	Bulan	Oktober																														
	Jam	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
	00:00	0	5	0	0	4	0	0	2	5	0	0	3	0	4	2	0	53	5	5	0	0	4	5	3	6	5	3	3	3	4	0
	03:00	56	3	3	5	6	4	5	4	0	3	3	5	0	0	5	3	6	0	4	3	0	5	4	5	4	2	6	0	0	4	4
	06:00	0	4	5	7	5	2	6	4	0	4	6	7	6	0	0	3	4	2	3	5	4	0	0	4	4	7	3	0	2	0	
	09:00	5	0	3	5	6	55	3	4	4	4	4	3	3	4	0	6	0	3	4	0	4	4	0	4	6	12	3	4	3	4	2
	12:00	3	0	0	6	4	0	0	0	4	0	0	0	0	3	5	54	0	3	3	0	5	0	0	0	4	0	0	4	3	54	0
	15:00	0	0	0	4	4	12	0	0	12	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0
	18:00	9	0	7	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	8	0	0	14	0	0	0	5	5	8	0	0	0	0	0	0	0	0
	21:00	2	0	0	0	3	9	0	4	3	0	4	0	0	0	3	0	3	0	0	0	0	0	3	3	5	0	5	5	0	0	0
Arah Angin (°)	Bulan	Oktober																														
	Jam	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
	00:00	0	300	0	0	180	0	0	300	300	0	0	250	0	270	45	0	200	270	225	0	0	330	200	315	300	315	315	270	90	300	0
	03:00	330	225	315	225	180	200	270	330	0	200	200	300	0	0	315	225	270	0	225	300	0	200	270	225	300	330	360	0	0	300	270
	06:00	0	180	90	150	120	200	330	90	0	180	90	270	330	0	0	200	270	180	200	200	180	135	0	0	250	90	270	270	0	90	0
	09:00	150	0	50	180	90	50	315	90	90	90	90	180	135	135	0	50	0	180	90	0	90	90	0	50	90	30	180	360	90	90	180
	12:00	120	0	0	330	120	0	0	0	120	0	0	0	0	50	270	90	0	135	90	0	50	0	0	0	136	0	0	50	50	225	0
	15:00	0	0	0	225	225	315	0	0	300	0	225	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	300	0	0
	18:00	300	0	270	0	0	0	0	330	0	0	0	0	0	270	0	0	270	0	0	0	270	180	300	0	0	0	0	0	0	0	0
	21:00	330	0	0	0	360	270	0	300	45	0	250	0	0	0	330	0	270	0	0	0	0	0	270	315	270	0	270	50	0	0	0

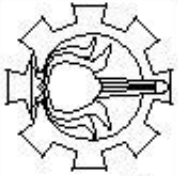
Tabel 24 Kecepatan dan Arah Angin Tahun 2016 (lanjutan)

Kecepatan Angin (Knot)	Bulan	November																													
	Jam	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	00:00	0	3	4	2	0	0	6	5	4	5	3	0	3	0	0	0	3	0	3	6	5	5	0	3	5	0	0	0	6	0
	03:00	2	4	4	3	11	3	7	7	7	6	3	4	3	4	2	4	7	5	5	5	6	6	3	5	6	5	2	0	6	3
	06:00	1	4	3	5	0	4	8	5	7	5	3	4	0	4	3	0	3	4	3	4	5	3	3	4	5	3	4	3	3	3
	09:00	0	3	5	0	*	4	5	5	0	3	3	3	4	4	4	0	6	3	3	4	5	6	3	6	3	3	4	2	3	3
	12:00	3	2	1	0	0	4	2	4	0	0	2	0	0	3	2	0	0	0	0	0	3	0	2	0	0	1	2	2	0	3
	15:00	0	0	0	0	0	3	2	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	18:00	6	0	2	0	0	5	0	3	0	3	0	5	3	0	5	0	3	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	*	0	0
	21:00	0	0	5	0	3	0	0	0	0	3	3	0	0	0	6	0	0	5	0	0	1	3	0	3	0	3	0	4	0	4
Arah Angin (°)	Bulan	November																													
	Jam	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	00:00	0	180	180	315	0	0	270	300	315	330	360	0	250	0	0	0	300	0	315	300	315	270	0	270	315	0	0	0	300	0
	03:00	200	180	250	270	360	270	270	315	315	270	300	300	225	250	270	270	300	225	300	30	330	300	250	225	250	270	270	0	250	225
	06:00	225	180	200	250	0	360	315	300	300	180	200	270	0	180	45	0	90	200	250	180	180	120	225	135	135	330	150	360	30	360
	09:00	0	180	90	0	*	45	45	90	0	90	50	90	90	120	50	0	90	50	50	50	90	90	50	330	0	30	45	90	90	90
	12:00	90	90	120	0	0	360	90	50	0	0	90	0	0	50	120	0	0	0	0	0	90	0	50	0	0	50	45	135	0	50
	15:00	0	0	0	0	0	300	90	30	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	18:00	270	0	200	0	0	315	0	360	0	30	0	360	315	0	200	0	330	0	50	360	0	0	0	0	0	0	0	*	0	0
	21:00	0	0	330	0	360	0	0	0	0	30	360	0	0	0	315	0	0	45	0	0	45	225	0	45	0	45	0	330	0	330

Tabel 25 Kecepatan dan Arah Angin Tahun 2016 (lanjutan)

Kecepatan Angin (Knot)	Bulan	Desember																														
	Jam	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
	00:00	0	0	7	3	0	0	0	0	0	0	10	1	0	0	0	3	2	4	4	4	2	2	3	0	0	5	3	0	3	0	0
	03:00	0	5	7	6	0	1	0	5	5	9	3	4	7	2	0	5	6	4	5	7	4	5	4	3	3	3	3	4	5	5	2
	06:00	0	4	5	2	3	3	0	4	5	3	3	0	2	3	6	4	4	3	4	3	6	5	3	2	2	6	3	5	3	4	0
	09:00	3	3	3	4	2	4	0	3	3	7	0	4	4	5	5	4	5	4	4	4	3	5	5	3	2	3	5	3	3	4	0
	12:00	0	0	3	0	2	3	0	0	3	3	0	0	0	3	1	4	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0
	15:00	1	0	0	4	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0
	18:00	4	0	7	0	0	5	0	0	0	3	0	0	0	4	0	9	0	0	0	0	2	0	8	0	0	0	7	0	0	0	1
	21:00	1	0	3	0	0	0	3	0	0	3	0	0	3	0	0	2	0	0	0	4	0	0	0	6	2	1	6	0	0	0	0
Arah Angin (°)	Bulan	Desember																														
	Jam	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
	00:00	0	0	315	300	0	0	0	0	0	0	315	180	0	0	0	330	300	315	30	315	300	300	300	0	0	150	315	0	330	0	0
	03:00	0	250	360	300	0	225	0	270	5	330	330	360	300	330	0	330	250	300	315	270	315	250	200	300	250	250	225	300	270	270	180
	06:00	0	270	360	225	200	200	0	225	5	270	315	0	90	225	300	150	180	250	120	180	200	315	200	200	225	270	180	315	180	250	0
	09:00	90	90	50	90	180	50	0	180	3	90	0	90	90	90	330	50	120	50	90	90	90	90	180	50	150	360	90	330	180	90	0
	12:00	0	0	90	0	45	360	0	0	3	135	0	0	0	90	50	50	0	0	0	0	0	0	0	50	50	0	0	0	0	0	0
	15:00	330	0	0	90	0	270	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45	360	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45	0
	18:00	315	0	315	0	0	250	0	0	0	315	0	0	0	180	0	270	0	0	0	0	200	0	250	0	0	0	150	0	0	0	330
	21:00	330	0	315	0	0	0	360	0	0	315	0	0	360	0	0	200	0	0	0	300	0	0	0	270	45	360	315	0	0	0	0

(Sumber : www.ogimet.com)



FAKULTAS TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL GAMBAR

Peta Topografi

SKALA GAMBAR

ITALAMAN

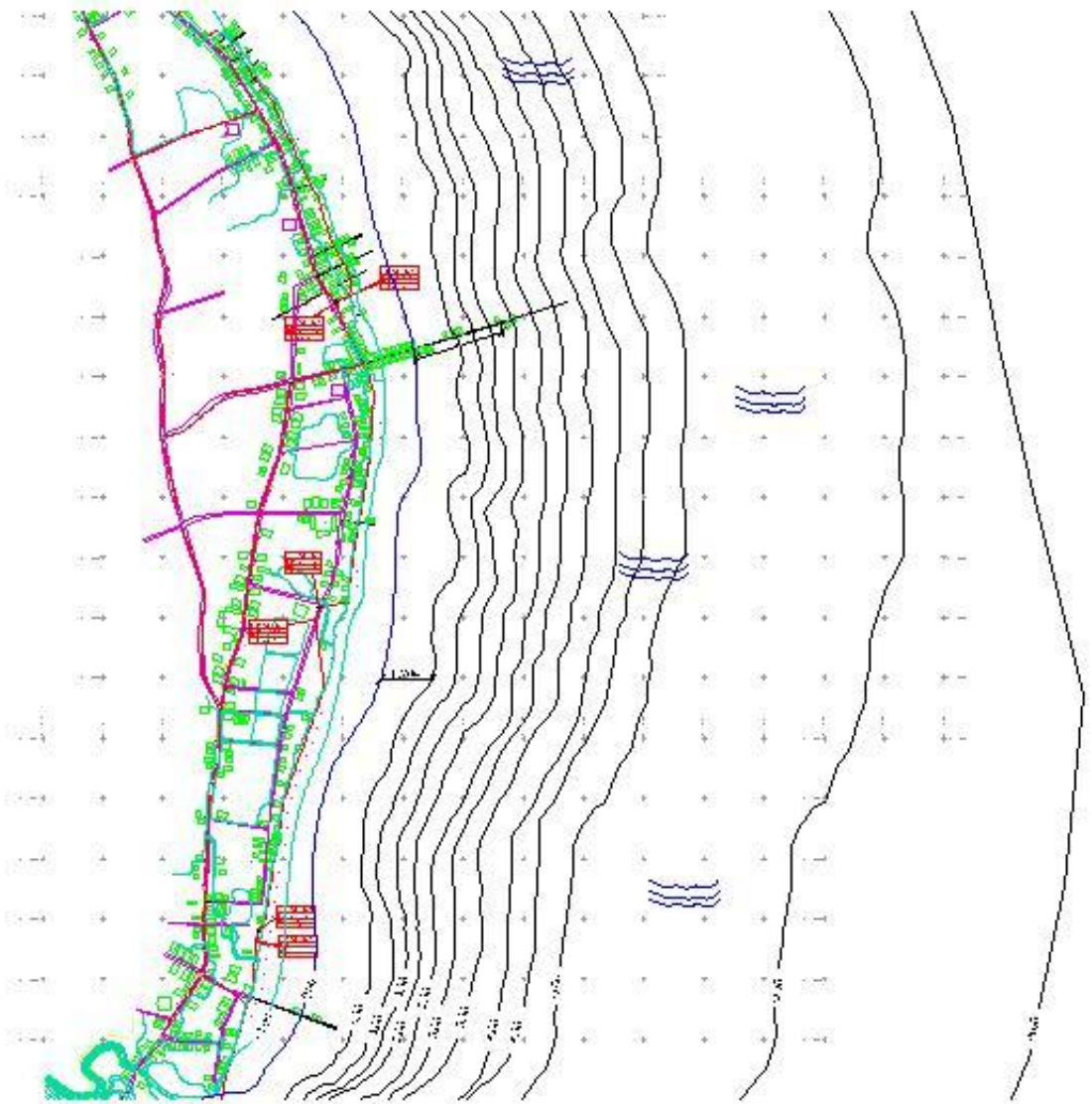
162

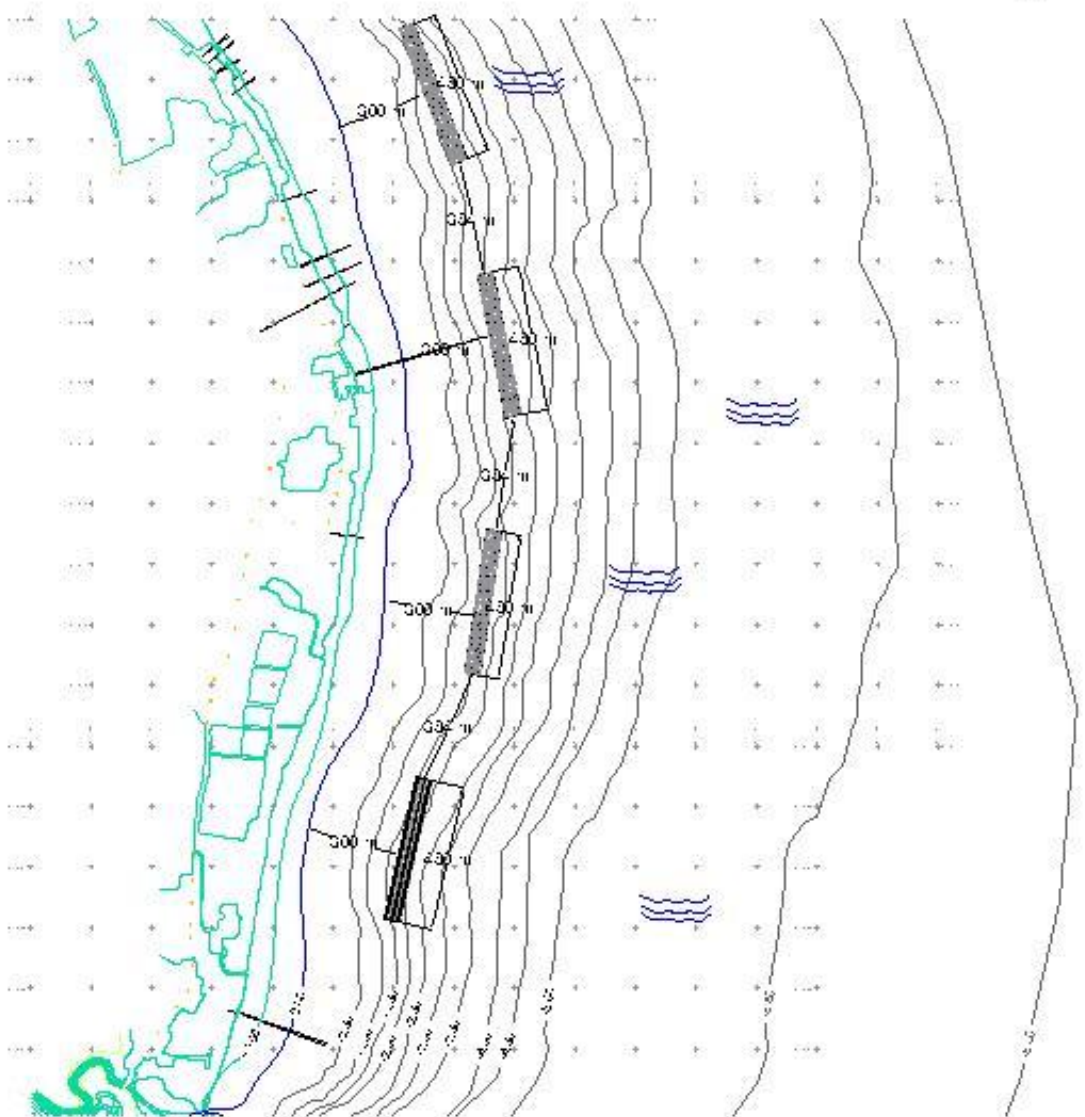
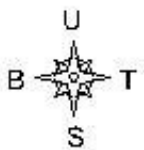
DOSISN PEMERIKSA

Ir. Bambang Samsi, on
NIP: 195303021987011001

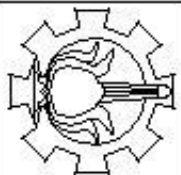
NAMA

Arum Alamsari
NRP: 3112160123



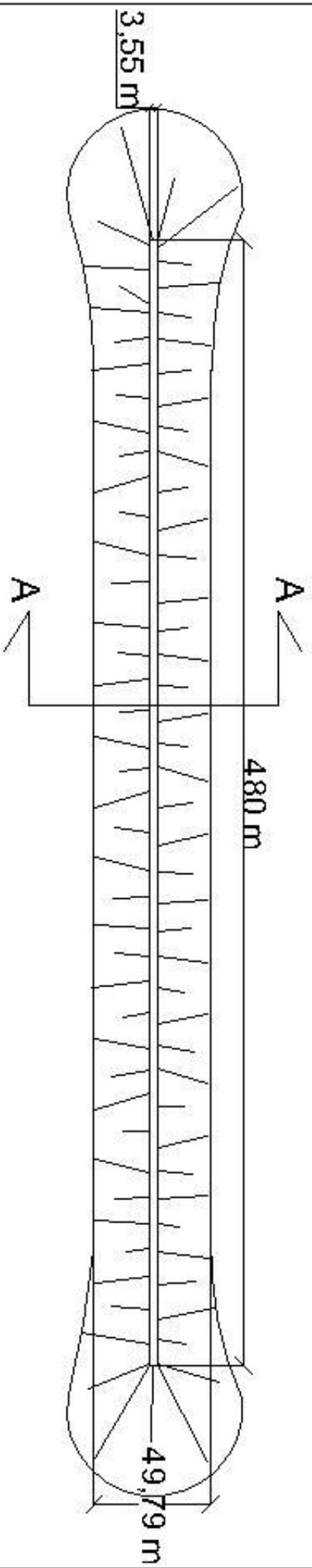


0 200 400 600 800 1000 1200 m



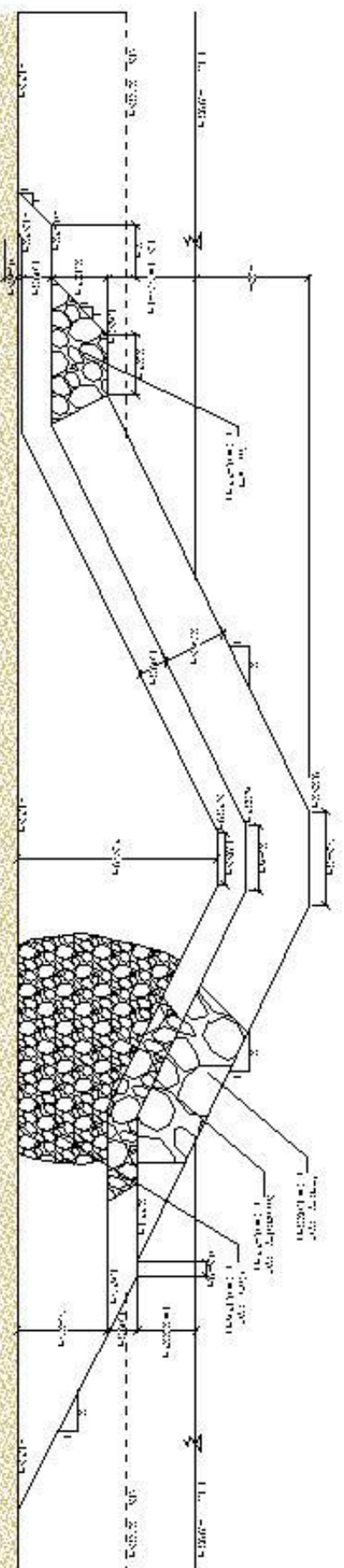
FAKULTAS TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER

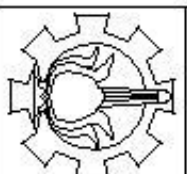
JUDUL GAMBAR	SKALA GAMBAR	HALAMAN	DOSEN PEMBIMBING	NAMA
Case : <i>Described Breacher</i> Material Batu Pech		163	I. Bambang Satrio NIP: 195303021987011001	Arum Alamiati NIP: 3113100133

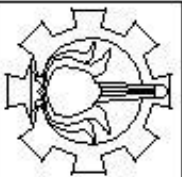
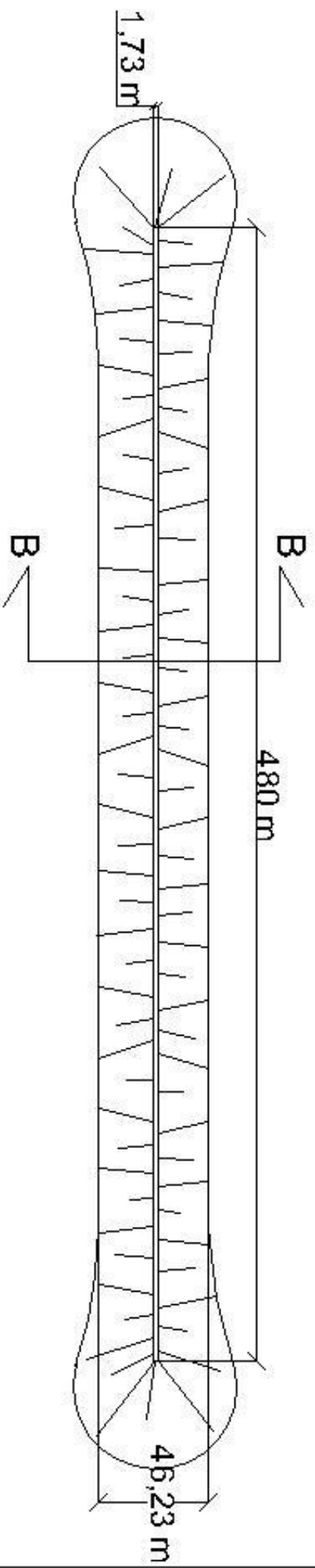


FAKULTAS TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL GAMBAR	SKALA GAMBAR	HALAMAN	DOSEN PEMBIMBING	NAMA
Tampak Atas Material Batu Pocat	1:250	164	Ir. Bambang Sarwono NIP. 195303021987011001	Arum Alamesti NRP. 3113100133



 <p>FAKULTAS TEKNIK STPIT DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER</p>	<p>JUDUL GAMBAR</p> <p>Pelaksanaan A-A</p>	<p>SKALA GAMBAR</p> <p>1:25</p>	<p>HALAMAN</p> <p>165</p>	<p>DOKTEREN PEMBIMBING</p> <p>Ir. Bambang Satrio, S.T., M.P. NIP. 195303021987011601</p>	<p>NAMA</p> <p>Amm Al amali NRP. 3113160133</p>
--	--	---------------------------------	---------------------------	--	---



FAKULTAS TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL GAMBAR	SKALA GAMBAR	HALAMAN	DOSKEN PEMBIBING	NAMA
Tampak Atas Material Doks	1:250	166	Ir. Bambang Sarwono NIP: 195303021987011001	Arum Alamiati NRP: 3113100133

BIODATA PENULIS



Arum Alamratri,

Penulis dilahirkan di Jakarta 8 Juni 1995, merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Islam Putri Kembar (Bekasi), SDN Margahayu XIII (Bekasi), SMPN 2 Bekasi, SMAN 53 Jakarta. Setelah lulus dari SMAN 53 Jakarta tahun 2013, penulis mengikuti pendaftaran SMITS dan diterima di Jurusan Sarjana I Teknik Sipil FTSP-ITS pada tahun 2013 dan terdaftar dengan NRP 3113 100 133. Di jurusan Teknik Sipil ini penulis mengambil bidang studi Hidroteknik. Penulis pernah aktif dalam kegiatan-kegiatan di Kampus ITS.